

УДК621/798-181-2

DOI: 10.20535/2077-7264.1(87).2025.322199

© Т. А. Роїк, д-р техн. наук, проф., Є. С. Бичкар, асп.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ КАРТОННОГО ПОЛОТНА НА ПОКАЗНИКИ ЗМОЧУВАНOSTІ ПРИ НАНЕСЕННІ БАР'ЄРНОГО ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ

Стаття присвячена аналізу особливостей впливу попередньої фізико-хімічної поверхневої обробки картону альтернативною хімічною речовиною — коагулянтм поліалюмінійхлоридом AluPAC на показники крайового кута змочування, що впливають на якість подальшого нанесення бар'єрного полімерного покриття при виготовленні одноразового посуду.

Ключові слова: картон; фізико-хімічна обробка; коагулянт; крайовий кут змочування; гідрофільність; поліетилен; гомогенність покриття.

Постановка проблеми

На сучасному ринку в умовах високої конкуренції серед виробників картонно-паперової продукції першорядне значення має підвищення якості та конкурентоспроможності виготовленої продукції, урізноманітнення номенклатури виробів та розширення ринків збуту.

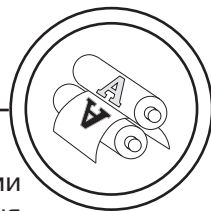
Серед різноманітних видів картонно-паперових виробів одним із затребуваних видів продукції є виготовлення одноразового посуду з картону, номенклатура якого постійно розширюється.

Для виробництва одноразового посуду з картону, зокрема, ємностей для напоїв, зазвичай застосовується технологія ламінування картону, що збільшує рідино-непроникність матеріалу [1–6].

Так, для виготовлення одноразових стаканчиків використо-

вується спеціальний картон з одностороннім або двостороннім поліетиленовим ламінуванням [2, 5, 6]. З попередньо підготовлених картонних заготовок формується каркас ємностей, після чого здійснюється скріплення швів шляхом ультразвукового зварювання полімерного шару ламінованого картону. Далі виконується запаювання днищ і проводиться розвальцьовування верхньої і нижньої кромки картонного стаканчика [2, 5–8].

Втім на практиці виробники одноразового посуду зачасти стикаються з проблемою розклеювання шву каркасу ємностей при їх виготовленні з картону з односторонньою ламінацією, де шов являє собою місце скріплення не ламінованого картонного боку стаканчику з ламінованою поліетиленовою поверхнею.



Вказане свідчить про недостатню адгезію між ламінованою та неламінованою сторонами картону, що напряду пов'язано зі структурою вихідного картонного полотна.

Перш за все це є наслідком особливостей мікроструктури поверхні картону, коли взаємодія полімерних плівок з картоном відбувається на поверхні целюлозних волокон. Тому через наявність пористості зменшується контактна площа взаємодії полімеру з поверхнею картону. А це, у свою чергу, впливає на ступінь однорідності накладання полімеру і, як наслідок, на адгезію ламінату до картону, що спричинює локальне відшаровування полімерного шару і розклеювання шву каркасу одноразових ємностей.

В цьому випадку вихідне картонне полотно не здатне забезпечувати достатній рівень змочуваності накладеним ламінатом (поліетиленом), його дифузії та всотуваності в серединний шар картону.

Наслідком цього є гетерогенність нанесення ламінату, зачасту спостерігається відсутність суцільності, його острівковистість на картонній поверхні, що у подальшому призводить до розклеювання шву готового виробу.

Отже, якість вихідної картонної сировини, її структура є надзвичайно важливим чинником у процесі ламінування одноразових виробів.

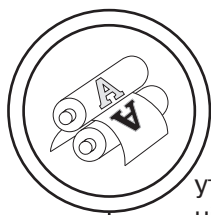
Вищеозначена проблема спричинює зростання обсягів бракованої продукції, що істотно знижує ефективність виробництва та призводить до значних фінансових і матеріальних втрат.

Через це перед виробниками постає завдання удосконалення технологічного процесу виготовлення картонного одноразового посуду для підвищення його якості та мінімізації кількості браку продукції.

Серед шляхів вирішення вказаної проблеми є попередня технологічна обробка вихідних матеріалів, а саме, картонного полотна, яка має на меті збільшити всотуваність вихідного картону, що сприятиме підвищенню гомогенності накладеного поліетиленового шару, його якості, і подальшому стабільному адгезійному скріпленню неламінованого картонного боку одноразового посуду (стаканчику) з бар'єрною ламінованою поліетиленовою поверхнею.

Серед відомих [2, 8] способів підвищення якості картону застосовують різноманітні методи фізичного впливу: термічну обробку, обробку електричним полем високої напруги, радіаційним та мікрохвильовим випромінюванням тощо.

У теперішній час для модифікації структури листового картону часто застосовують метод обробки коронним розрядом, який полягає у перенесенні заряду з області електричного розряду у повітряному зазорі на поверхню діелектрика [2, 8]. Іони та іонні групи, які утворюються у коронному розряді, пришвидшуються електричним полем та взаємодіють з поверхнею вихідного матеріалу. Частина з них рекомбінуються на поверхні картону, викликаючи таким чином його фізико-хімічні зміни, у той час як іони, які залишились нерекomboнованими, проникають у об'єм матеріалу,



утворюючи так звані енергетичні пастки, збільшуючи поверхневу енергію [2, 8–10]. Це сприяє поліпшенню однорідності картону, а відтак, підвищує його структурні показники.

Окрім зазначених методів фізичного впливу для підвищення якості картону широко використовуються способи виробництва проклеєних видів картону, коли у волокнисту масу вводять емульсію каніфолі або її модифікації і коагулянт (осаджувач каніфолі на волокна) [2, 11, 12]. Як коагулянт використовують алюмокалієві галуни (квасці) типу $KAl(SO_4)_2 \times 12H_2O$, глинозем Al_2O_3 та інші речовини.

Відомі також способи виготовлення волокнистого матеріалу, коли проклеювання здійснюють каніфольним клеєм в присутності коагулянту та зв'язуючого. Як зв'язуюче використовують крохмаль та його модифікації, натрієву сіль карбоксиметилцелюлози, альгінат натрію та інші хімічні речовини.

Зазначені обидва способи проклеювання картону забезпечують поліпшення його фізико-механічних властивостей [11–14], що дозволяє значно збільшити міцність картону у поздовжньому та поперечному напрямках, а нанесення крохмалю підвищує гідрофобні властивості.

Втім, на жаль, на сьогодні існуючі методи, зокрема, спеціальної фізико-хімічної обробки картону, призначеного для виготовлення одноразових виробів, не завжди ефективні і вельми обмежені.

Це повною мірою стосується також обмеженості відомостей з аналізу і оцінювання ефективності фізико-хімічного впливу, на-

самперед, альтернативним коагулянтними хімічними речовинами, на якість накладання полімеру при виготовленні одноразового картонного посуду.

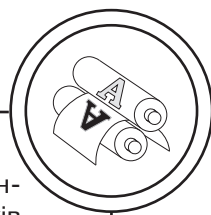
Як відомо [15–17], деякі хімічні речовини, такі як, поліалюмінійхлориди з високим вмістом алюмінію — AluPAC, що також позначаються PAC (Polyaluminium Chloride Hydroxyde) згідно європейського стандарту EN 883, зазвичай використовуються як коагулянти для обробки стічних вод та питної води.

Стандарт EN 883:2004. (Chemicals used for treatment of water intended for human consumption — Polyaluminium chloride hydroxyde and polyaluminium chloride hydroxyde sulfate) унормовує хімікати, що використовуються для обробки води, призначеної для споживання людиною.

Завдяки обробці води коагулянтном AluPAC відбувається утворення компактних пластівців зі шкідливих домішок, які коагулюють, утворюють великі пухки пластівцеподібні агрегати — флокули та виводяться з води шляхом седиментації або флотації. В результаті такої обробки з води ефективно видаляються всі важкі метали, фосфор та ряд інших шкідливих компонентів.

Така дія коагулянту на шкідливі домішки спричинена зростанням їх поверхневої енергії [15–17], через що змінюються показники змочуваності домішок, а це, у свою чергу, сприяє утворенню крупних флокул з їх подальшим виведенням з води.

Через важливість питання контролю змочуваності поверхні велика увага приділяється як для теоретичних досліджень, так і для



практичного застосування [18–23]. Так, спеціалісти друкарських технологій [18–23] приділяли увагу аспектам так званої контрольованої змочуваності поверхні, з метою отримання точної змочуваності поверхні шляхом посилення контрасту між гідрофільністю і гідрофобністю матеріалу. Публікації [18, 20] присвячені дослідженням змочуваності поверхні у літографічному друці, при друці з візерунчастим штампом, розглядались питання змочуваності у мікротрансферному друці, в роботах [18, 23] приділялась увага змочуваності матеріалів для струминного друку.

Вищезазначене ілюструє важливість досліджень показників змочуваності поверхні матеріалів для різних видів друку найрізноманітнішої продукції поліграфії.

Проте, на жаль, ще й досі не дістало розвитку питання взаємозв'язку показників кута змочуваності і параметрів якості вихідної сировини, насамперед, структурних характеристик картонних пакувальних матеріалів, призначених для виготовлення продукції короткого терміну використання. Відсутність таких відомостей істотно обмежує можливості отримання високих характеристик якості означених виробів.

З огляду на це завдання підвищення якості вихідних картонних матеріалів шляхом їх попередньої обробки, зокрема, фізико-хімічної, із застосуванням альтернативних речовин, є надзвичайно важливим і затребуваним для виробників пакувальної продукції, зокрема, одноразового пакування.

Як було зазначено вище, коагулянт AluPAC є ефективною хі-

мічною речовиною для очищення води завдяки зміні показників змочуваності шкідливих домішок, їх коагуляції та подальшого виведення з води.

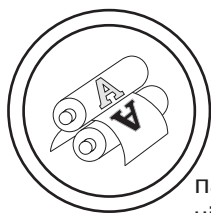
Через таку дію коагулянту AluPAC автори статті припустили, що ця хімічна речовина може також бути ефективною альтернативою для обробки картону, здатна буде покращити його показники змочуваності, що сприятиме подальшому рівномірному накладанню поліетиленового покриття на конструктивні елементи одноразових картонних виробів.

З огляду на те, що від якості ламінування одноразового картонного посуду залежать як споживчі, так і значною мірою естетичні характеристики, визначення впливу попередньої фізико-хімічної поверхневої обробки картону альтернативною хімічною речовиною AluPAC на якість нанесення бар'єрного полімерного покриття є актуальним науково-практичним завданням, що потребує виконання комплексу досліджень.

Мета роботи

Визначення впливу попередньої фізико-хімічної обробки коагулянтом поліалюмінійхлоридом AluPAC поверхні вихідного картонного полотна, призначеного для виготовлення одноразового посуду, на показники крайового кута змочування картону при нанесенні бар'єрного поліетиленового покриття та рівень гомогенності ламінованого шару.

Одержані результати дозволять встановити раціональні технологічні параметри процесу виготовлення одноразового картонного посуду, що забезпечить підвищення



параметрів його якості, споживчі властивості, стимулює зменшення обсягів браку продукції та зниження фінансових і матеріальних витрат.

Результати проведених досліджень

У процесі виконання досліджень застосовували водний розчин коагулянту поліалюмінійхлориду AluPAC для обробки поверхні картонних зразків.

Речовина поліалюмінійхлорид AluPAC являє собою білий (або жовтий) порошок, приклад зовнішнього вигляду якого наведено на рис. 1.

В експериментах використовувалось стандартне картонне полотно, маса 1 м^2 якого складає 245 г, з вмістом макулатурної маси та відбіленої целюлози, що зазвичай застосовується для виготовлення одноразового посуду (стаканчиків).

В роботі використовувались зразки розмірами $210 \times 291 \times 1,5 \text{ мм}$ чотирьох видів. Серед них частина зразків картону була без обробки, частина оброблена коагулянтом AluPAC, частина зразків мала нанесене поліетиленове покриття, але без обробки коагулянтом, і, нарешті, останній вид зра-



Рис. 1. Зовнішній вигляд коагулянту AluPAC

зків був оброблений коагулянтом та мав нанесене поліетиленове покриття.

Поверхнева обробка здійснювалась шляхом змочування водним розчином коагулянту AluPAC з лицьової сторони картону. Для обробки поверхні картону використовувався 0,05 % водний розчин коагулянту. Нанесення коагулянту AluPAC на поверхню картонного полотна здійснювалось на промисловій картоноробній машині, в сушильній секції способом безперервного змочування полотна.

Поліетиленове покриття (PE) наносилось методом екструзування [8, 10, 11].

Таким чином в експериментах використовувались наступні зразки:

№ 1. Зразки картону без нанесення поліетиленового покриття без попередньої обробки коагулянтом AluPAC;

№ 2. Зразки картону, що вкриті шаром поліетилену з лицьової сторони без попередньої обробки коагулянтом AluPAC;

№ 3. Зразки картону, що були попередньо оброблені коагулянтом AluPAC без нанесення поліетиленового покриття;

№ 4. Зразки картону, що вкриті шаром поліетилену з лицьової сторони, та попередньо оброблені коагулянтом AluPAC.

При виконанні аналізу впливу фізико-хімічної обробки на ступінь змочуваності поверхні картону одним з першорядних показників є крайовий кут змочування, що залежить від часу дії рідини на поверхню матеріалу та її властивостей (шорсткість, пористість тощо) [2, 3, 18, 19]. При цьому чим менший крайовий кут змочува-

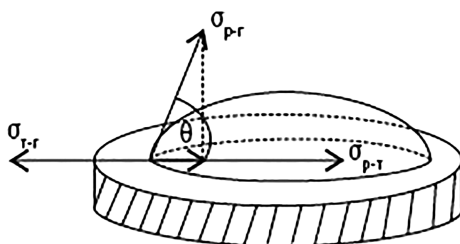
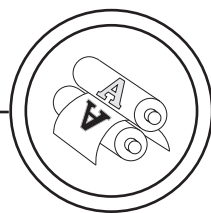


Рис. 2. Крайовий кут при рівноважному змочуванні: θ — крайовий кут змочування; $\sigma_{р-г}$, $\sigma_{т-г}$, $\sigma_{р-т}$ — поверхневі натяги відповідно на межі рідина—газ, тверде тіло—газ, рідина—тверде тіло

ності, тим краще відбувається змочування твердої поверхні рідиною, а, відтак, збільшення дифузії рідини у поверхню матеріалу через зростання його гідрофільності.

Для визначення впливу поверхневої обробки досліджувались величини крайового кута змочування зразків за час від 0,5 до 60 секунд.

Визначення крайового кута змочування виконувалось за методом Ребіндера за схемою, наведеною на рис. 2, яка ілюструє крайовий кут при рівноважному змочуванні.

Вимірювання крайового кута змочування виконувалось використанням сучасного приладу DSA25, Krüss (Німеччина), наведеного на рис. 3.

Застосування приладу DSA25, Krüss (рис. 3) дозволяє використовувати ручне або програмне керування для вимірювання не тільки крайового кута змочування, але й вільної енергії поверхні твердого тіла і поверхневого натягу рідин. Прилад оснащений камерою IEEE 1394 з високою роздільною здатністю і швидкістю 79 кадрів в секунду при повній роздільній здатності. Кут огляду камери встановлюється вибірково з використанням шкали.

Результати вимірювання крайового кута змочування зразків наведено на рис. 4, 5.

Як видно з рис. 4, зразки № 3, що піддавалися обробці коагулянтном AluPAC, демонструють очевидне, $\approx$ у 1,1–1,15 рази зменшення крайового кута змочування через 0,5; 1; 2; 5; 10 та 60 с вимірювання порівняно із зразками № 1, які не були оброблені водним розчином AluPAC. Це показує позитивну дію коагулянту — поліалюмінійхлориду, що проявилася у збільшенні гідрофільності оброблюваного картону.



Рис. 3. Загальний вигляд приладу для вимірювання крайового кута змочування DSA25, Krüss (Німеччина)

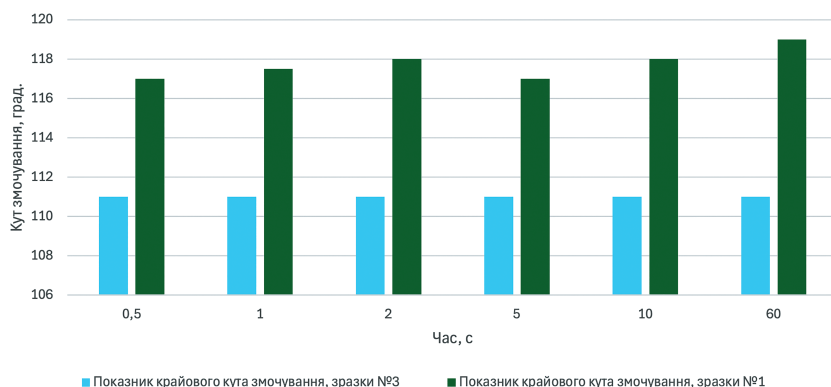
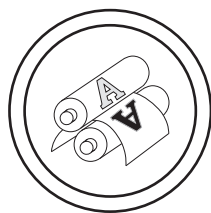


Рис. 4. Показники крайового кута змочування для зразків без покриття PE: зразки № 1 — без попередньої обробки коагулянтном; зразки № 3 — оброблені коагулянтном

Схожа картина спостерігалась при дослідженні показників крайового кута змочування для зразків №№ 2, 4 з нанесеним поліетиленовим покриттям (PE) при змочуванні водою через 0,5; 1; 2; 5; 10 та 60 с, що наведено на рис. 5.

Як видно з рис. 5, кут змочування для зразків № 4, що були оброблені коагулянтном AluPAC, також зменшився $\approx$ у 1,1–1,15

рази. Ці результати підтвердили ефективність дії означеного альтернативного коагулянту, що виразилося у зменшенні крайового кута змочування картону, а відтак сприяло збільшенню його гідрофільності.

Збільшення гідрофільності картону, попередньо обробленого коагулянтном поліалюмінійхлоридом AluPAC, істотно позначилось на

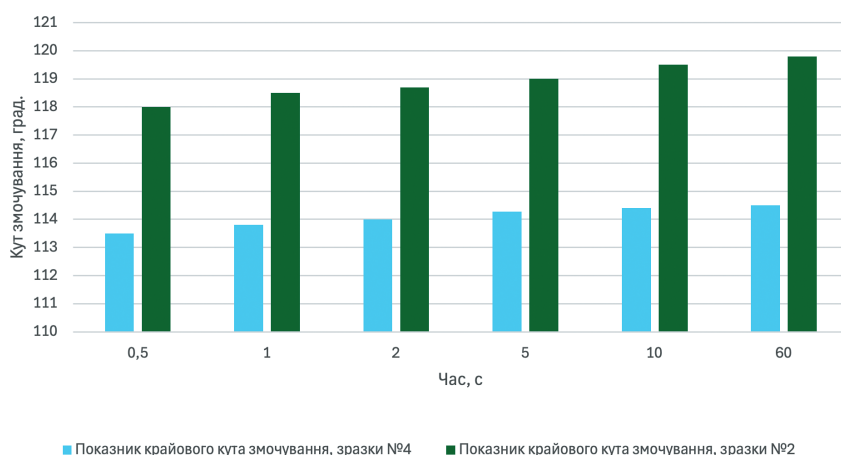
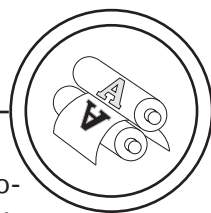


Рис. 5. Показники крайового кута змочування для зразків з покриттям PE: зразки № 2 — без обробки коагулянтном; зразки № 4 — оброблені коагулянтном



зміні структури покриття на поверхні картону, а саме, у суттєвому збільшенні однорідності накладання поліетиленового ламінату, що видно з рис. 6.

Мікрофотографія структури поліетиленового покриття на поверхні картону, що не оброблявся коагулянтном (рис. 6, а), гетерогенна, вкрай неоднорідна, носить смужчастий характер, присутні зони, де покриття не наклалося. Саме це спричинює розклеювання шву на наступних етапах виготовлення готового виробу (одноразового посуду).

В той же час, рис. 6, б ілюструє формування гомогенної структури поліетиленового покриття на поверхні картону, який попередньо оброблений коагулянтном AluPAC, що підтверджує ефективність фізико-хімічної обробки цією альтернативною речовиною.

Отримані результати свідчать про кращу змочуваність поверхні картону після обробки коагулянтном AluPAC, що сприяє збільшенню гомогенності накладеного шару поліетилену (рис. 6, б) при подальшому нанесенні бар'єрного полімерного покриття у процесі виготовлення виробів, кращій всотуваності покриття у поверхневі шари картону, а відтак, і збільшенню адгезії поліетилену з картонною основою одноразового посуду.

У свою чергу, збільшення гомогенності бар'єрного поліетиленового покриття на поверхні картону є запорукою подальшого надійного скріплення ламінованого і неламінованого боків конструктивних елементів одноразового посуду (стаканчиків) на наступних етапах виготовлення виробів.

Використання коагулянту поліалюмінійхлориду AluPAC рекомендовано для практичного застосування в технологічному процесі виготовлення одноразового посуду як ефективну речовину, що підвищує якість картонних виробів короткого часу використання. Фізико-хімічна обробка картону коагулянтном AluPAC дозволяє суттєво знизити обсяги бракованої картонної продукції, а відтак, зменшити матеріальні і фінансові витрати на виробництво одноразового картонного посуду.

Вказана технологія може бути застосована на етапі попередньої обробки картонного полотна у виробничих умовах шляхом нанесення коагулянту на картонне полотно. Означена технологічна операція попередньої поверхневої обробки картону апробована на Київському картонно-паперовому комбінаті і отримала позитивну оцінку.

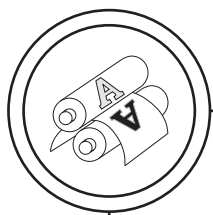


а



б

Рис. 6. Мікроструктура поліетиленового покриття на поверхні картону: а — зразок без обробки коагулянтном; б — зразок після обробки коагулянтном



Висновки

1. Вперше визначено вплив попередньої фізико-хімічної обробки альтернативною хімічною речовиною—коагулянтном поліалюмінійхлоридом AluPAC поверхні вихідного картонного полотна, призначеного для виробництва одноразового посуду, на показники крайового кута змочування та рівень гомогенності нанесеного на оброблену поверхню бар'єрного поліетиленового покриття у процесі виготовлення готових виробів.

2. Показано, що застосування коагулянтної речовини AluPAC у процесі обробки картонного полотна є ефективним з погляду суттєвого зменшення крайового кута змочування та збільшення гідрофільності вихідної картонної сировини.

3. Виявлено, що попередня фізико-хімічна обробка поверхні картону альтернативною хімічною речовиною сприяла зменшенню крайового кута змочування у $\approx 1,1$ – $1,15$ рази порівняно з необробленим картоном, що проілюструвало позитивний вплив поліалюмінійхлориду AluPAC на всотуваність оброблюваного картону у процесі подальшого накладання поліетиленового покриття.

4. Продемонстровано, що застосування технологічної операції фізико-хімічної обробки картонного полотна коагулянтном AluPAC забезпечило отримання гомогенного поліетиленового ша-

ру покриття після його нанесення на оброблену поверхню картону у процесі виготовлення одноразового посуду.

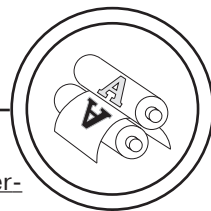
5. Аналіз мікроструктури бар'єрного поліетиленового покриття, нанесеного на поверхню обробленого коагулянтном картону, показав отримання суцільного, гомогенного шару ламінату на поверхні картону, що свідчить про кращу всотуваність та інтенсифікацію дифузії поліетилену у поверхневі шари картону. Це, у свою чергу, сприяє збільшенню адгезії ламінату з картонною основою одноразового посуду.

6. Результати виконаних досліджень рекомендовано для практичного застосування в технологічному процесі виготовлення одноразового посуду на етапі попередньої обробки картонного полотна коагулянтном поліалюмінійхлоридом AluPAC, як ефективною альтернативною речовиною, що сприяє підвищенню якості картонних виробів короткого часу використання.

7. Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення механізму дії поліалюмінійхлориду AluPAC на волокнисту структуру вихідного картонного полотна шляхом аналізу одночасної зміни його поверхневої енергії та крайового кута змочуваності, що безпосередньо впливає на якість подальшого нанесення бар'єрного поліетиленового шару у процесі виготовлення одноразового посуду.

Список використаної літератури/References

1. Taboada-Rodríguez, A., García-García, I., Roda, R. C., López-Gómez, A., & Marín, F. (2013). Hydrophobic properties of cardboard coated with polylactic acid and ethylene scavengers. *Journal of Coatings Technology and Research*, Vol. 10(5), 749–755. DOI: 10.1007/s11998-013-9493-3. Retrieved from



https://www.researchgate.net/publication/257764880_Hydrophobic_properties_of_cardboard_coated_with_polylactic_acid_and_ethylene_scavenger [in English].

2. Osyka, V. A., & Koptiukh, L. A. (2018). *Paperovi pakuvalni materialy [Paper packaging materials]*. Kyiv: KNTEU, 464 p. DOI: 10.31617/m.knute.2018-302. Retrieved from <https://knute.edu.ua/file/MjlxNw==/28c0e35a75df51d521f6cfbb34204885.pdf> [in Ukrainian].

3. Lavoine, N., Desloges, I., Khelifi, B., & Bras, Ju. (2014). Impact of different coating processes of microfibrillated cellulose on the mechanical and barrier properties of paper. *J Mater Sci*, 49, 2879–2893. <https://doi.org/10.1007/s10853-013-7995-0> [in English].

4. Aguilar-Rivera, N. (2021). The Effect of a Sustainable Technology of Delignification and Tcf Bleaching on Physical Properties of Recovered Cardboard. *Research Square Platform LLC*, 1–19. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-519107/v1> [in English].

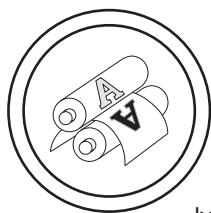
5. Aydemir, C., Altay, B. N., & Akyol, M. (April 2021). Surface analysis of polymer films for wettability and ink adhesion. *Color research and application*. Wiley online Library. First published: 16 October 2020. Vol. 46, Issue 2, 489–499. <https://doi.org/10.1002/col.22579>. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/349104732_Surface_analysis_of_polymer_films_for_wettability_and_ink_adhesion [in English].

6. Chepurna, K. O., & Oliyanenko, O. S. (2016). Doslidzhennia adhezii poli-propilenovykh plivok do poverkhni vidbytkiv elektrografichnoho druku v protsesi laminuvannia [Study of polypropylene films' adhesion to the surface of electrographic prints in the process of lamination]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, 4(54), 39–48. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(54\).2016.86446](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(54).2016.86446) [in Ukrainian].

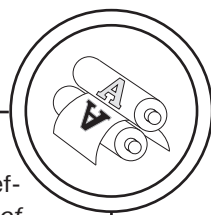
7. Mascarenhas, A. R. P., Scatolino, M. V., Dias, M. C., Martins, M. A., De Melo, R. R., Mendonça, M. C., & Tonoli, G. H. D. (15 November 2022). Association of cellulose micro/nanofibrils and silicates for cardboard coating: Technological aspects for packaging. *Elsevier, Industrial Crops and Products*, Volume 188, Part A, 115667. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022011505> [in English].

8. Buchkar, E., Roik, T., & Khokhlova, R. (June 2, 2023, Lisbon, Portugal). Adhesion Features of Polymer Films to Cardboard. Proc. V International Scientific and Theoretical Conference 'The Current State of Development of World Science: Characteristics and Features', 65–67. <https://doi.org/10.36074/scientia-02.06.2023>. Retrieved from https://previous.scientia.report/index.php/archive/issue/view/02.06.2023?utm_source=eSputnik-promo&utm_medium=email&utm_campaign=SCIENTIA_Konferenc%D1%96ja_%7C_Status:_opubl%D1%96kovano&utm_content=1121625536 [in English].

9. Beketov, G. V., & Shynkarenko, O. V. (2022). Surface wetting and contact angle: basics and characterisation. *Himia, Fizika ta Tehnologia Poverhni*, Vol. 13, 1, 3–35. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/359594584_Surface_wetting_and_contact_angle_basics_and_characterisation [in English].



10. Semenets, A., & Seredenko, A. (2019, KNUTD, Kyiv, Ukraine). Osoblyvosti tekhnologii vyhotovlennia laminovanoi pakuvalnoi produktsii [Features of the technology of manufacturing laminated packaging products]. Proc. of the conference 'Resursozberezhennia ta okhrona navkolyshnoho seredovyscha. Tekhnologhiia polimeriv ta kompozytsiinykh materialiv' ('Resource saving and environmental protection. Technology of polymers and composite materials'), Vol. 2, 469–471. Retrieved from https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/14002/1/NRMSE2019_V2_P469-470.pdf [in Ukrainian].
11. Havva, O. M. (2014). Pakuvalne mashynobuduvannia v Ukraini [Packaging mechanical engineering in Ukraine]. *Upakovka (Packaging)*, 3, 61–63. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2014_3_18 [in Ukrainian].
12. Likholaï, S. V., & Khokhlova, R. A. (25–26 November, 2015, Ternopil, Ukraine). Suchasni tendentsii tekhnologii lakuvannia kartonnoho pakovannia vodno-dyspersiïnym lakom [Modern trends in the technology of lacquering cardboard packaging with water-dispersion lacquer]. Proc. of the *Materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv. Aktualni zadachi suchasnykh tekhnologii (IV International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students. Actual problems of modern technologies)*, Vol. 1, 22–23. Retrieved from https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/10875/2/ConfATMT_2015v1_Lykholaï_S_V-Current_state_of_coating_22-23.pdf [in Ukrainian].
13. Sokolov, O. D. (2010). Suchasni materialy dlia upakovky kharchovykh produktiv: vlastyvyosti i ekolohiia [Modern materials for food packaging: properties and ecology]. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii (Scientific works of the Odesa National Academy of Food Technologies)*, 2(38), 405–410. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2010_38%282%29_92 [in Ukrainian].
14. Zakharevych, V. B., Hawva, O. M., & Yukhno, M. I. (2012). Pakuvalni materialy dlia khlibobulochnykh vyrobiv [Packaging materials for bakery products]. *Kharchova nauka i tekhnologhiia (Food Science and Technology)*, 1, 104–106. Retrieved from <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/4072> [in Ukrainian].
15. Bondarchuk, O., Spasenova, L., & Mokienko, A. (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine). Analiz suchasnykh pohliadiv na pobichni produkty ochyshchennia vody dioksydom khloru [Analysis of modern views on by-products of water treatment with chlorine dioxide]. *Handbook of the XXIII International Science Conference 'Ecology. Human. Society'*. <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.290976> [in Ukrainian].
16. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization, 631 p. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf> [in English].
17. Trus, I. M., Halysh, V. V., Skyba, M. I., Radovenchuk, Y. V., & Homelia, M. D. (2024). *Novi vysokoefektyvni metody ochyshchennia vody vid rozchynnykh ta nerozchynnykh poliutantiv [New highly efficient methods of purification water from soluble and insoluble pollutants]*. Kyiv: Condor Publishing House, 272 p. Retrieved from <https://condor-books.com.ua/monohrafiya-pryrodnycha-literatura/novi-vysokoefektyvni-metody-ochyshchennya-vody-vid-rozchynnykh> [in Ukrainian].



18. Abrar, A., Raymond, S., Thomas, W., & Waghmare, P. R. (2022). The effect of dynamic wetting pressure on contact angle measurements. *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 608, 1, 1086–1093. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.10.003>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979721016696> [in English].

19. Osowski, P., & Piatkowski, T. (3 March 2017). Analysis of corrugated cardboard influence on the protective properties of complex packaging system. *AIP Conf. Proc.*, 1822 (1): 020011. <https://doi.org/10.1063/1.4977685> [in English].

20. Khadzhinova, S. E., Zolotukhina, K. I., Kushlyk, B. R., & Kushlyk-Divulska, O. I. (2018). Vyivlennia zalezhnosti eksperymentalnykh doslidzhen kraiovoho kuta zmochuvannia [Detection of the experimental studies dependencies of the edge wetting angle]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva (Technology and Technique of Typography)*, 4(62), 27–38. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(62\).2018.167228](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(62).2018.167228) [in Ukrainian].

21. Adibi, A., Valdesueiro, D., Mok, J., Behabtu, N., Lenges, C., Simon, L., & Mekonnen, T. H. (15 April 2022). Sustainable barrier paper coating based on alpha-1,3 glucan and natural rubber latex. *Elsevier, Carbohydrate Polymers*, Vol. 282, 119121. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119121> [in English].

22. Sobotková, A., Šimek, M., Petr, P., Fictum, L., & Szőkeová, S. (2021). Mechanical and physical properties of boards made from recycled paper. *Bio-Resources*, 16(2):3952–3963. DOI: 10.15376/biores.16.2.3952–3963 [in English].

23. Hurhal, N. S., Repeta, V. B., Novosad, I. V., Marshalok, I. Y., & Shybanov, V. V. (2012). Vzaiemozv'iazok mizh pokaznykom odnostononnoho zmochuvannia i poverkhnevoi enerhiiei etyketkovykh paperiv [Interrelation between the one-sided wetting index and the surface energy of label papers]. *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva] (Scientific Notes [of the Ukrainian Academy of Printing])*, 2, 163–167. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2012_2_27 [in Ukrainian].

The article is devoted to the analysis of the influence the preliminary physical and chemical surface treatment of cardboard with an alternative chemical substance — coagulant polyaluminium chloride AluPAC — on the edge wetting angle indicators, which affect the quality of the barrier polymer coating subsequent application in the manufacture of disposable tableware.

Keywords: cardboard; physical and chemical treatment; coagulant; edge wetting angle; hydrophilicity; polyethylene; coating homogeneity.

Надійшла до редакції: 27.01.25

Рецензія: 20.02.25

Опубліковано: 15.04.25