

# УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОВАРІВ

DOI: 10.31617/2.2023(46)08

УДК 006.015.5 : 676.24

## **Віктор ОСИКА**

д. т. н., професор,  
декан факультету торгівлі та маркетингу  
Державного торговельно-економічного  
університету  
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна  
*v.osyka@knute.edu.ua*

## **Victor OSYKA**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Dean of the Faculty of Trade and Marketing  
State University of Trade and Economics  
19, Kioto St., Kyiv, 02156, Ukraine  
*ORCID: 0000-0002-5081-7727*

## **Ольга КОМАХА**

к. т. н., доцент, доцент кафедри  
товарознавства та митної справи  
Державного торговельно-економічного  
університету  
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна  
*o.komakha@knute.edu.ua*

## **Olha KOMAKHA**

PhD (Technical Sciences), Associate  
Professor, Associate Professor at the  
Department of Commodity Science and  
Customs Affairs  
State University of Trade and Economics  
19, Kioto St., Kyiv, 02156, Ukraine  
*ORCID: 0000-0003-0312-890X*

## **Володимир КОМАХА,**

к. т. н., доцент, доцент кафедри  
товарознавства та митної справи  
Державного торговельно-економічного  
університету  
вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна  
*v.komakha@knute.edu.ua*

## **Volodymyr KOMAKHA**

PhD (Technical Sciences), Associate  
Professor, Associate Professor  
at the Department of Commodity Science  
and Customs Affairs  
State University of Trade and Economics  
19, Kioto St., Kyiv, 02156, Ukraine  
*ORCID: 0000-0001-6498-9047*

## **ВОЛОГОМІЦНІСТЬ ТА ВОДОНЕПРОНИКНІСТЬ ПАПЕРОВИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Вступ.** Поліамідамінепіхлоргідрин (ПААЕХ) є одним із найбільш часто використовуваних агентів надання міцності паперу у вологому стані.

**Проблема.** Вологоміцність та водонепроникність паперового пакувального матеріалу визначається сукупністю властивостей нанесеного складу, а також способом його нанесення.

**Мета** дослідження – формування бар'єрних властивостей паперових пакувальних матеріалів, одержаних обробленням паперу-

## **MOISTURE RESISTANCE AND WATERPROOFNESS OF PAPER PACKAGING MATERIALS**

**Introduction.** Polyamideamineepichlorohydrin (PAE) is one of the most commonly used wet strength agents.

**Problem.** Moisture resistance and waterproofness of paper packaging material is determined by the combination of properties of the applied composition, as well as the method of its application.

*The aim* of the research is to form the barrier properties of paper packaging materials obtained by treating the base paper with compounds based on polyamideamine epichlorohydrin.



Copyright © Автор(и). Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

основи складами на основі поліамідамінепіхлоргідрину.

**Методи.** До паперу-основи застосовували поверхнєве оброблення композиціями з використанням водних розчинів ПААЕХ, полівінілового спирту (ПВС) та карбаміду, потім папір висушували, витримували 10 діб і піддавали випробуванням.

**Результати дослідження.** Досліджено вплив концентрації розчину ПААЕХ на механічні властивості, а також поверхнєву вбирність, водонепроникність та повітропроникність паперу. Витрата ПААЕХ до 4–6 % забезпечує основний приріст міцнісних властивостей пакувального паперу як у вологому, так і в сухому станах. У вологому стані руйнівне зусилля паперу при використанні розчину ПААЕХ з концентрацією 6 мас. % зростає у 4.4–4.8 рази.

Застосування ПААЕХ дає змогу значно підвищити водонепроникність паперу. Опір проникненню води для досліджуваних зразків паперу зростає з 48–73 с до 1800–2170 с. Оброблення паперу розчином ПААЕХ в композиції з карбамідом уможливує отримати матеріал із вищим опором проникненню води.

Сумісне використання ПААЕХ та ПВС дає можливість керовано регулювати повітропроникність паперу. Використання при обробленні паперу розчину, що містить 6–8 мас. % ПААЕХ та 4–6 мас. % ПВС, допомагає забезпечити необхідний рівень повітропроникності для широкого асортименту паперових пакувальних матеріалів для вологовмісної продукції.

**Висновки.** Запропоновано та доведено ефективність застосування ПААЕХ сумісно з карбамідом і ПВС для формування бар'єрних та захисних властивостей паперових пакувальних матеріалів. Встановлено, що витрата ПААЕХ до 4 % забезпечує основний приріст міцності пакувального паперу як у вологому, так і в сухому стані.

*Ключові слова:* паперові пакувальні матеріали, поліамідамінепіхлоргідрин, полівініловий спирт, карбамід, формування властивостей, вологоміцність, водонепроникність.

**Methods.** The base paper was subjected to surface treatment with compositions using aqueous solutions of PAE, polyvinyl alcohol (PVA) and urea, then the paper was dried, kept for 10 days and tested.

**Results.** The influence of the concentration of the PAE solution on the mechanical properties, as well as the surface absorbency, water permeability and air permeability of the paper was studied. The consumption of PAE up to 4–6 % provides the main increase in strength properties of packaging paper both in wet and dry conditions. In a wet state, the destructive force of paper when using a solution of PAE with a concentration of 6 wt. % increases by 4.4–4.8 times.

The use of PAE makes it possible to significantly increase the water resistance of paper. The resistance to water penetration for the studied paper samples increases from 48–73 s to 1800–2170 s. Treatment of paper with a solution of PAE in a composition with urea makes it possible to obtain a material with a higher resistance to water penetration.

The combined use of PAE and PVA makes it possible to control the air permeability of the paper. The use of a solution containing 6–8 wt. % PAE and 4–6 wt. % PVA, helps to ensure the required level of air permeability for a wide range of paper packaging materials for moisture-containing products.

**Conclusions.** The effectiveness of the use of PAE in combination with urea and PVA for the formation of barrier and protective properties of paper packaging materials has been proposed and proven. It was established that the consumption of PAE up to 4 % provides the main increase in the strength of the packaging paper both in the wet and in the dry state.

*Keywords:* paper packaging materials, polyamideamineepichlorohydrin, polyvinyl alcohol, urea, formation of properties, moisture resistance, waterproofing.

**Вступ.** Міцність паперу у вологому стані є визначальною для пакувальних матеріалів, які використовуються для упакування вологовмісних харчових продуктів. На сьогодні розроблено низку агентів для підвищення міцності паперу у вологому стані, наприклад карбамідоформальдегідна і меламіноформальдегідна смоли, поліамідгліколевий альдегід, діальдегідний крохмаль, поліамідамінепіхлоргідрінова смола тощо. Однак серед них ПААЕХ є одним із найбільш часто використовуваних агентів надання міцності паперу у вологому стані. ПААЕХ синтезується

з поліамідамінових ланцюгів при взаємодії з епіхлоргідрином. У порівнянні з карбамідоформальдегідною та меламіноформальдегідними смолами поліамідамінепіхлоргідрин має багато переваг, як-от: відсутність вільного формальдегіду, хороше утримання на поверхні целюлозного волокна, високий рівень м'якості паперу без додавання інших добавок, незначний вплив на білизну волокна і придатність для перероблення традиційними методами [1; 2].

**Проблема.** ПААЕХ підвищує стійкість до дії води завдяки позитивно зарядженому атому азоту і має яскраво виражені катіонні властивості, а тому йому притаманна висока спорідненість до целюлози, яка має негативний заряд [3].

Для оброблення паперу, сумісно з ПААЕХ, можна використати широкий спектр добавок, які надаватимуть йому бар'єрних та захисних властивостей. Ці добавки застосовуються як у паперовій масі при виготовленні паперу-основи, так і як просочувальний розчин для його поверхневого оброблення. Отже, на ефективність дії ПААЕХ має вплив композиція для оброблення на його основі, а також місце і послідовність її введення [4].

Зважаючи на зазначене вище, вологоміцність та водонепроникність паперового пакувального матеріалу визначається сукупністю властивостей нанесеного складу, а також способом його нанесення. Цілеспрямований підбір компонентів складу й умов його нанесення уможливить отримати вологоміцний пакувальний матеріал із широким комплексом бар'єрних та захисних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Численні дослідження показали, що найпрактичнішим способом покращити міцність паперу у вологому стані є використання композицій вологозміцнюючих добавок [5–8].

Загальноприйнятим механізмом підвищення міцності паперових пакувальних матеріалів у вологому стані за допомогою ПААЕХ в папері є встановлення хімічних зв'язків на контактах між волокнами. Процес містить два етапи: утримання полімеру та розвиток зв'язків. При додаванні ПААЕХ до суспензії целюлозних волокон адсорбція відбувається внаслідок електростатичного притягання між аніонними карбоксильованими групами на поверхні волокна та катіонними групами полімеру [9; 10]. Після адгезії ПААЕХ до целюлозних волокон процес полімеризації сприяє утворенню зв'язків між волокнами. Ці зв'язки є ковалентними між карбоксильними групами целюлози або геміцелюлози й азетидинієвою групою полімеру, що приводить до утворення зв'язків між волокнами, які не є розчинними у воді [11; 12].

ПААЕХ здебільшого застосовують у вигляді водного розчину, що додається до паперової маси або наноситься на поверхню виготовленого паперу [13]. У *табл. 1* наведено переваги і недоліки обох способів [14; 15].

Таблиця 1

## Переваги і недоліки способів введення ПААЕХ

Спосіб введення ПААЕХ	Переваги	Недоліки
У паперову масу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• оптимальний розподіл складу на поверхні целюлозного волокна;</li> <li>• оптимальна вбирна здатність волокна по відношенню до складу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• чималі витрати складу для досягнення необхідної вологоміцності та водонепроникності;</li> <li>• значне забруднення стічних вод</li> </ul>
На поверхню паперу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• максимальна ефективність за мінімальних витрат складу;</li> <li>• можливість забезпечення високої вологоміцності та водонепроникності;</li> <li>• мінімальне забруднення стічних вод</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• необхідність виготовлення паперу-основи із заданими властивостями;</li> <li>• додаткове споживання енергії для сушіння обробленого матеріалу</li> </ul>

Варіант внесення ПААЕХ безпосередньо до волокнистої суспензії паперової маси забезпечує більш швидкий і рівномірний його розподіл у загальному об'ємі волокнистої маси [16]. Такий спосіб традиційний, однак альтернативним є нанесення ПААЕХ у вигляді покриття на поверхню готового паперу, що дає змогу більш заощадливо використовувати реагенти, є більш екологічно орієнтованим через відсутність забруднення стічних вод і уможлиблює виготовляти високовологоміцні види пакувального паперу.

*Мета* дослідження – формування бар'єрних властивостей паперових пакувальних матеріалів, одержаних обробленням паперу-основи композиціями на основі ПААЕХ.

**Методи.** Досліджувані зразки готували обробленням паперу щільністю 0.65, 0.7 і 0.75 г/см<sup>3</sup>, виготовленого з композиції сульфатної целюлози (65° ШР) за співвідношення 80 (хвойна) : 20 (листяна) [17].

Для оброблення поверхні паперу використано композицію з:

*водного розчину ПААЕХ (Eka Chemicals AB (Швеція) марки ЕКА WS 325 – динамічна в'язкість за Брукфільдом – 76.2 мПа·с, масова частка сухих речовин – 19.8 %; рН – 3.5);*

*полівінілового спирту (ПВС) (марка 7/18 ПрАТ "Севродонецьке об'єднання АЗОТ", динамічна в'язкість 4-процентного розчину – 28.0 Па·с·10<sup>3</sup>; масова частка ацетатних груп – не більше ніж 19.8 %; рН – 4.5);*

*карбаміду (марка Б виробництва ПрАТ "Севродонецьке об'єднання Азот", масова частка азоту в перерахунку на суху речовину – 52.3 %; масова частка біурету – 0.55 %).*

З урахуванням властивостей наведених речовин та з метою їх ефективного суміщення приготування складу для оброблення паперу здійснено за схемою, представленою на *рис. 1*.

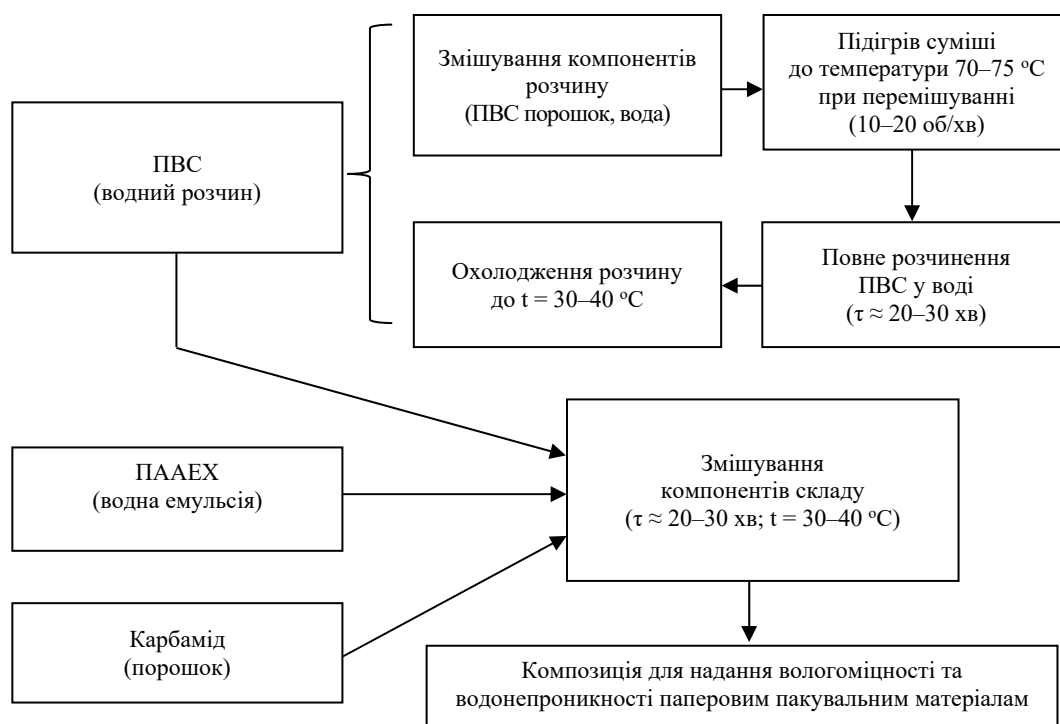


Рис. 1. Схема приготування композиції для оброблення паперу

Приготування композиції проведено підготовкою водних розчинів компонентів та їх змішуванням протягом 20–30 хв за температури 30–35 °С. Склад наносили на поверхню паперу, висушували та витримували 10 діб і проводили випробування за загальноприйнятими в целюлозно-паперовій промисловості методами [18–22].

**Результати дослідження.** Для визначення ефективності застосування ПААЕХ, надання бар'єрних і захисних властивостей пакувальному паперу досліджено вплив концентрації його розчину на механічні властивості, а також поверхневу вбирність, водонепроникність та повітропроникність паперу.

Проведені дослідження свідчать, що витрата ПААЕХ до 4–6% забезпечує основний приріст міцнісних властивостей паперу як у вологому, так і в сухому стані (рис. 2).

При використанні 4-процентного ПААЕХ приріст руйнівного зусилля для зразка (1), що має найменшу щільність, становить 23 %, для більш щільного паперу (зразки 2 і 3) – 29 і 30 % відповідно. Подальше підвищення витрати ПААЕХ незначною мірою впливає на руйнівне зусилля у сухому стані, яке зростає до рівня 67.6–79.5 Н за збільшення концентрації розчину ПААЕХ з 4 до 10 мас. %.

У вологому стані руйнівне зусилля паперу при використанні розчину ПААЕХ з концентрацією 6 мас. % зростає у 4.4–4.8 раза відносно початкових значень 4.3–6.2 Н залежно від щільності паперу-основи. При цьому рівень вологомідності для паперу зі щільністю

0.65, 0.7, 0.75 г/см<sup>3</sup> становить 31, 34 і 36 % відповідно, що свідчить про високу ефективність застосування ПААЕХ для збереження міцності паперу у вологому стані.

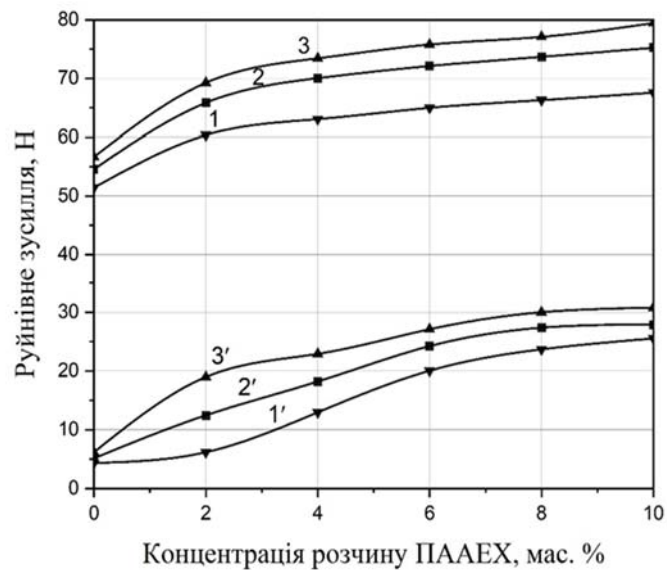


Рис. 2. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на руйнівне зусилля в сухому (1, 2, 3) та вологому (1', 2', 3') стані обробленого паперу-основи різної щільності: 1 – 0.65; 2 – 0.7; 3 – 0.75 г/см<sup>3</sup>

Поряд з цим застосування ПААЕХ дає змогу значно зменшити вбирну здатність паперу за його однобічного змочування водою (рис. 3).

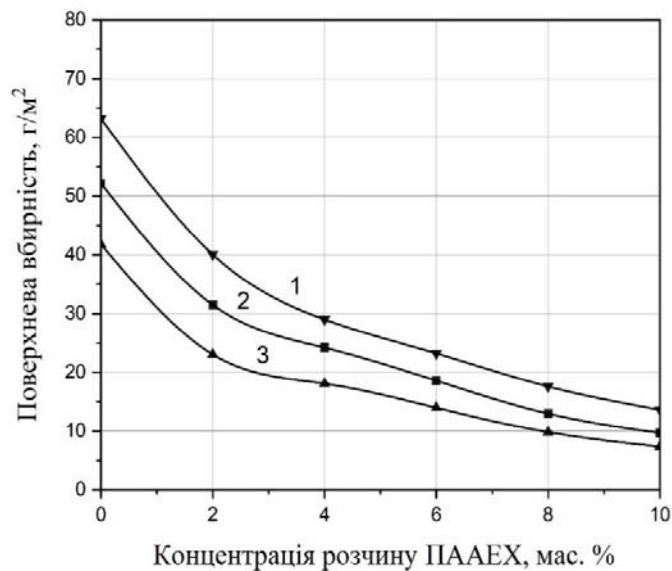


Рис. 3. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на поверхневу вбирність обробленого паперу-основи різної щільності: 1 – 0.6; 2 – 0.7; 3 – 0.75 г/см<sup>3</sup>

З підвищенням концентрації розчину ПААЕХ до 10 мас. % поверхнева вбирність досліджуваних зразків паперу різної щільності суттєво знижується до показника 7.3–13.6 г/м<sup>2</sup>, тобто зменшується у 4.7–5.7 раза відносно необробленого паперу-основи.

Значне зниження поверхневої вбирності паперу свідчить про часткове закриття пор та капілярів у його структурі, а також про зростання його водонепроникності внаслідок дії ПААЕХ (рис. 4).

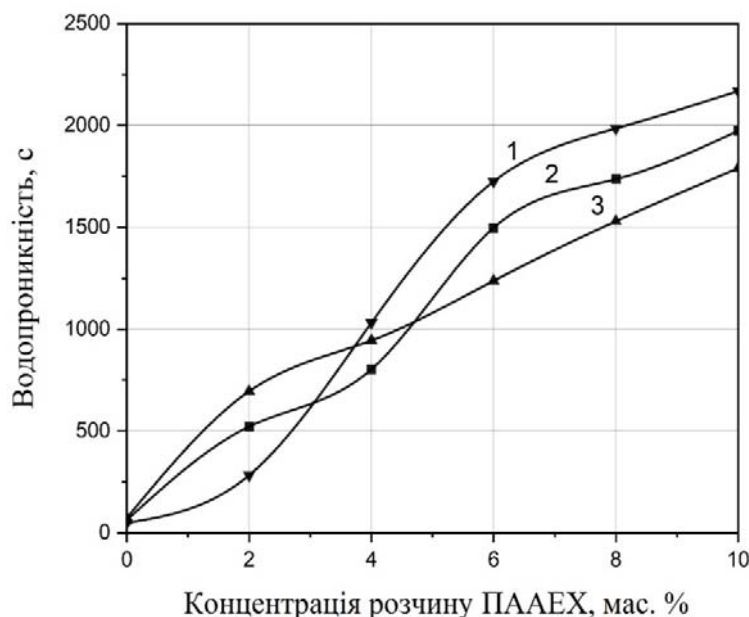


Рис. 4. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на водопроникність обробленого паперу-основи різної щільності: 1 – 0.6; 2 – 0.7; 3 – 0.75 г/см<sup>3</sup>

Загалом встановлено, що застосування ПААЕХ уможливорює значно підвищити водонепроникність паперу. Опір проникненню води для досліджуваних зразків паперу зростає з 48–73 до 1800–2170 с. Однак максимальну водонепроникність (2170 с) має зразок паперу з найменшою щільністю 0.65 г/см<sup>3</sup>. Застосування менш концентрованих розчинів ПААЕХ є більш ефективним для зразків 3 і 2, тобто для паперу з більш щільною структурою. Тоді як більш високий вміст ПААЕХ в розчині (4–6 мас. %) сприяє підвищенню водонепроникності менш щільного паперу, що пояснюється його кращим проникненням у більш пористу структуру матеріалу.

Отримані результати свідчать про те, що зростання щільності значно знижує ефективність дії ПААЕХ зі збільшенням його концентрації в розчині. Для кращого розподілу ПААЕХ у структурі полотна паперу використано карбамід (рис. 5).

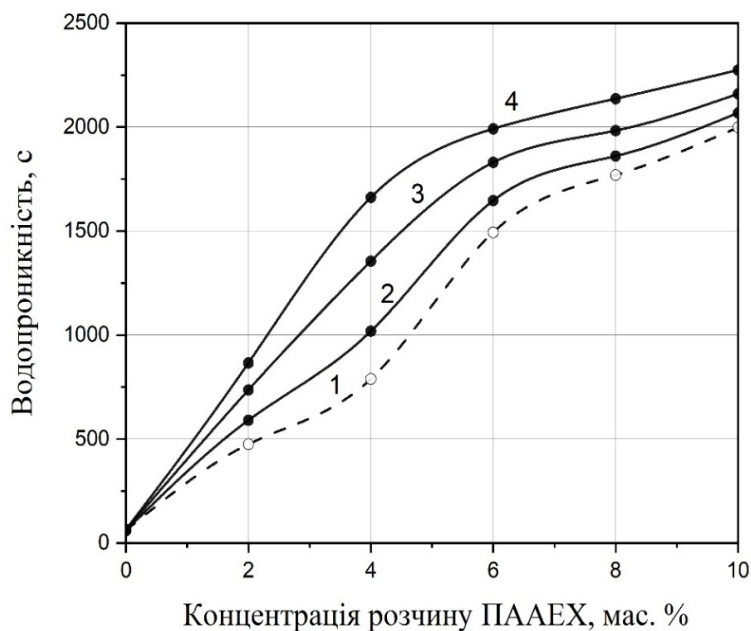


Рис. 5. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на водопроникність обробленого паперу-основи ( $0.7 \text{ г/см}^3$ ) залежно від вмісту карбаміду:  
1 – без карбаміду; 2 – 2; 3 – 4; 4 – 6 мас. %

Застосування карбаміду сприяє значному підвищенню доступності целюлозного волокна по відношенню до розчину ПААЕХ і забезпечує більш рівномірне зростання водонепроникності у всьому досліджуваному діапазоні концентрацій розчину. При цьому обробка паперу розчином ПААЕХ в композиції з карбамідом дає змогу отримати матеріал із вищим опором проникненню води.

Важливим показником, що визначає можливість застосування пакувального паперу для вологовмісної продукції, є повітропроникність. Повітрообмін продукції з навколишнім середовищем має відбуватися контрольовано, що досягається заданим рівнем повітропроникності пакувального матеріалу.

Результати дослідження впливу оброблення паперу з різною щільністю розчинами ПААЕХ за різних концентрацій на його повітропроникність наведено на рис. 6.

Повітропроникність необробленого паперу різної щільності значно різниться і перебуває в діапазоні від  $84$  до  $164 \text{ см}^3/\text{хв}$ . ПААЕХ завдяки своїй полімерній природі та низькому ступеню полімеризації має здатність проникати в капіляри і пори між целюлозними волокнами, закривати їх, зменшуючи загальну пористість паперу. Оброблення досліджуваних зразків паперу розчинами ПААЕХ сприяє зменшенню їхньої повітропроникності до рівня  $26\text{--}38 \text{ см}^3/\text{хв}$ . Водночас основне зменшення показника відбувається за концентрацій  $2\text{--}6$  мас. % ПААЕХ у розчині. Подальше підвищення вмісту ПААЕХ є малоефективним, а досягнутий рівень повітропроникності вищий, ніж оптимальний для упакування вологовмісної продукції.



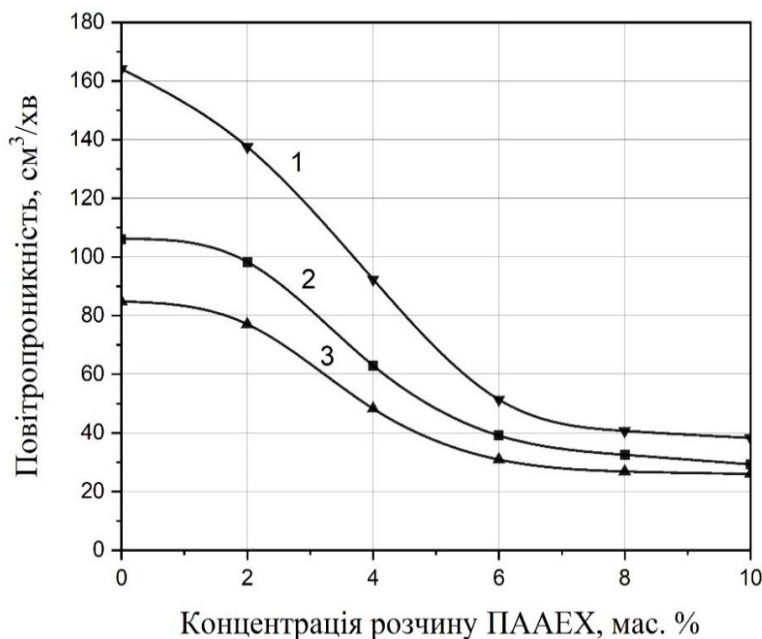


Рис. 6. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на повітропроникність обробленого паперу-основи різної щільності: 1 – 0.65; 2 – 0.7; 3 – 0.75 г/см³

Для забезпечення необхідного рівня повітропроникності оброблення паперу здійснювали розчином ПААЕХ в композиції з ПВС. При цьому високомолекулярна структура ПВС сприяє досягненню більш низького рівня повітропроникності паперу (рис. 7).

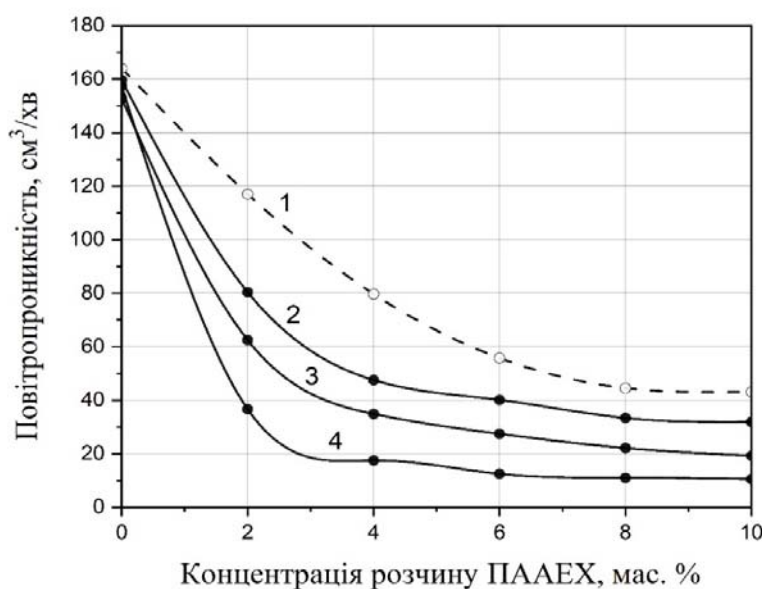


Рис. 7. Вплив концентрації розчину ПААЕХ на повітропроникність обробленого паперу-основи (0.65 г/см³) залежно від вмісту ПВС:  
1 – без ПВС; 2 – 2; 3 – 4; 4 – 6 мас. %

Наведені залежності свідчать про те, що сумісне застосування ПААЕХ та ПВС дає можливість керовано регулювати повітропроникність. Використання при обробленні паперу розчину, що містить 6–8 мас. % ПААЕХ та 4–6 мас. % ПВС, дає змогу забезпечити необхідний рівень повітропроникності для широкого асортименту пакувальних матеріалів для вологовмісної продукції.

Особливий інтерес щодо оброблення паперу-основи складом з ПААЕХ становить визначення ефективності однобічного і двобічного нанесення складу на поверхню паперового полотна. Проведено порівняння зразків паперу-основи, оброблених водним розчином з концентрацією ПААЕХ 6 %, ПВС 2 % та карбаміду 4 %. Перший зразок оброблено з одного боку паперового полотна, другий – з обох.

Підготовлений склад розчину для надання вологомідності та водонепроникності наносили на папір-основу з масою паперу площею  $1 \text{ м}^2 - 50 \text{ г}$ . Маса покриття при цьому становила  $5.4-10.6 \text{ г/м}^2$  залежно від способу нанесення. Порівняння проводилося за показниками водопроникності, повітропроникності та руйнівного зусилля у сухому і вологому станах (рис. 8).

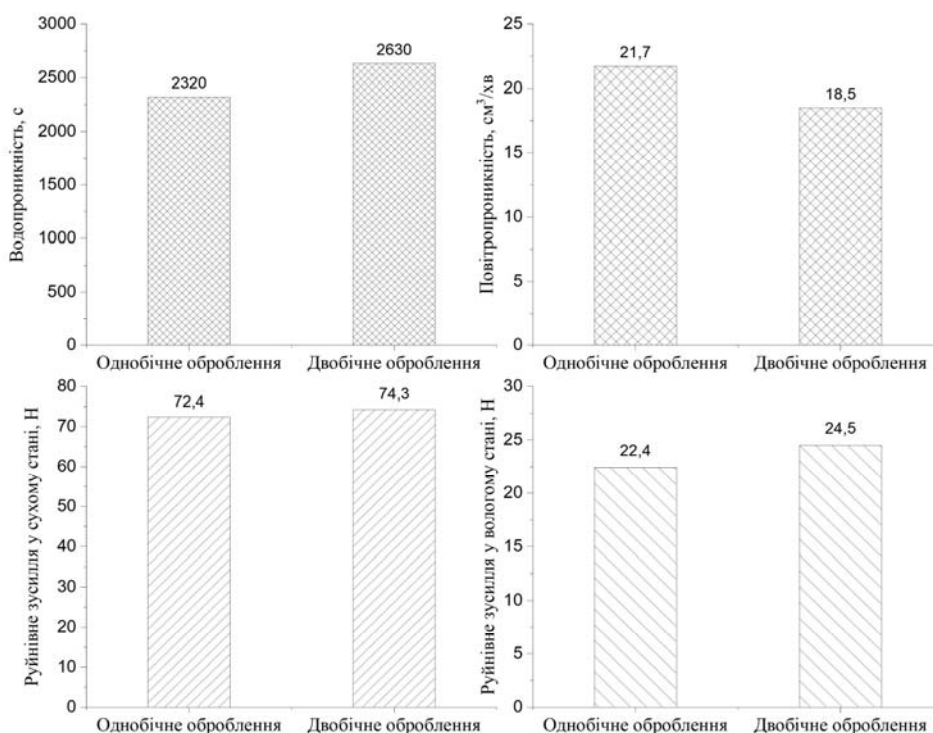


Рис. 8. Вплив способу нанесення складу на проникність та механічну міцність паперу

Як свідчать результати досліджень, двобічне оброблення паперу не сприяє значному підвищенню рівня показників і становить в середньому 10–15 %. Однак при цьому витрати розчину зростають вдвічі, що спричиняє значне підвищення витрат на виготовлення такого пакувального матеріалу. Застосування двобічного оброблення є доцільним

у разі необхідності отримання пакувального паперу, що використовується за особливо жорстких умов, зумовлених специфікою товару та середища.

Ефект водонепроникності та вологоміцності досягається в ході полімеризації складу на волокнистому напівфабрикаті під час сушіння і зберігання паперу після виготовлення (рис. 9, 10).

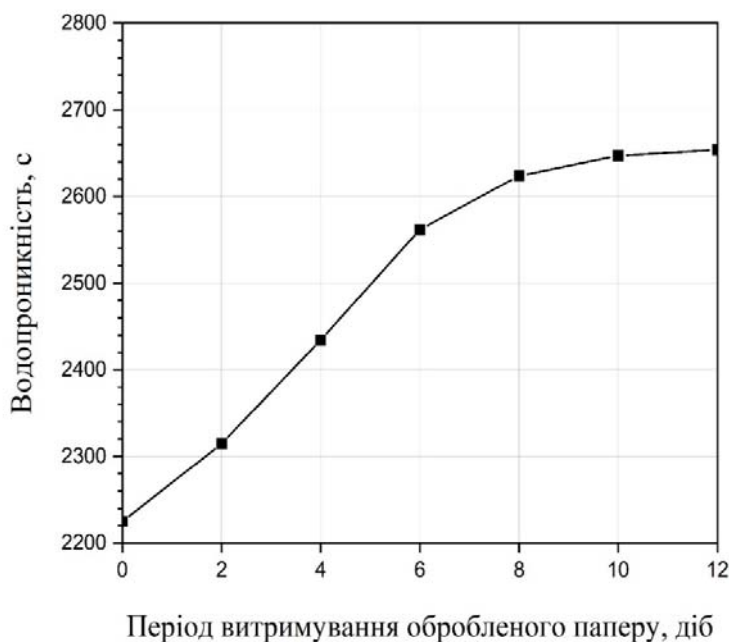


Рис. 9. Залежність водопроникності обробленого паперу від часу витримування після виготовлення

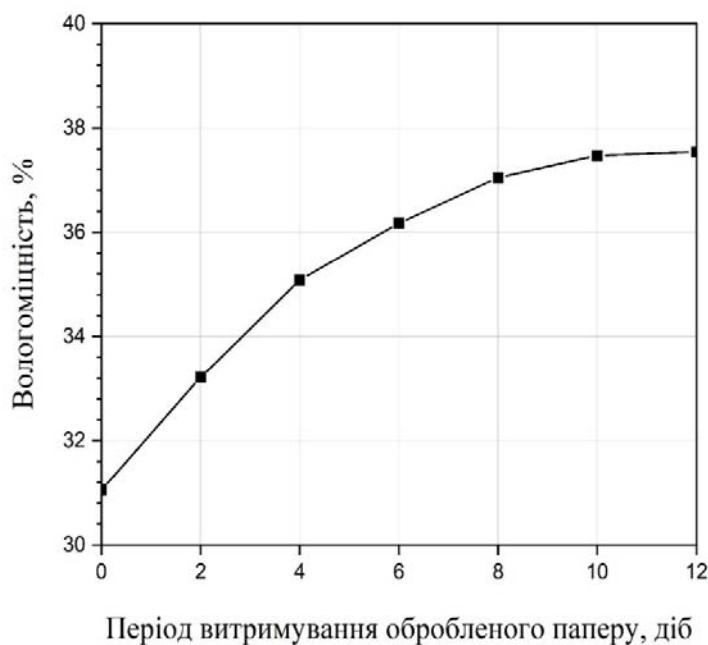


Рис. 10. Залежність вологоміцності обробленого паперу від часу витримування після виготовлення

З наведених даних випливає, що кінцеві значення водонепроникності та вологоміцності за звичайних умов виробництва встановлюються через 10–12 діб після надходження паперового пакувального матеріалу на зберігання і досягають рівня 15–20 г/м<sup>2</sup> та 30–35 % відповідно.

**Висновки.** Визначено підходи до вибору матеріалів і речовин, необхідних для досягнення високощільної та зімкнутої структури вологоміцних і водонепроникних паперових пакувальних матеріалів. Запропоновано та доведено ефективність застосування ПААЕХ сумісно з карбамідом та ПВС для формування бар'єрних і захисних властивостей паперових пакувальних матеріалів.

Використання розчинів ПААЕХ підвищує утримання дрібноволокнистої фракції целюлози паперової маси, дає змогу значно підвищити водонепроникність паперу, позитивно впливає на його механічну міцність у сухому та вологому стані. Зважаючи на те, що проникнення розчинів ПААЕХ в структуру паперового полотна значно залежить від його щільності, для рівномірного дифузійного проникнення їх у міжволоконний простір та капіляри целюлози використано карбамід. А завдяки додаванню ПВС до складу забезпечується закриття макропор та досягнення заданого рівня повітропроникності.

Доведено ефективність оброблення паперу-основи однобічним нанесенням на його поверхню складу на основі ПААЕХ, з висушуванням і витримуванням обробленого паперу протягом 10–12 діб для завершення процесів полімеризації складу та стабілізації властивостей виготовленого матеріалу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hubbe Martin A. Contributions of Polyelectrolyte Complexes and Ionic Bonding to Performance of Barrier Films for Packaging: A Review. *BioResources*. 2021. Vol. 16. Issue 2. P. 4544-4605.
2. Solt Pia et al. Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2019. No 94. P. 99-131.
3. Davarcioglu B. Nanotechnology Applications in Food Packaging Industry. Nanotechnology. Springer, Singapore, 2017. P. 87-113.
4. Zhang M., Biesold G. M., Choi W., Yu J., Deng Y., Silvestre C., Lin Z. Recent advances in polymers and polymer composites for food packaging. *Materials Today*. 2022. Vol. 53. P. 134-161.
5. Marinelli A., Diamanti M. V., Lucotti A., Pedferri M. P., Del Curto B. Evaluation of Coatings to Improve the Durability and Water-Barrier Properties of Corrugated Cardboard. *Coatings*. 2021. Vol. 12 (1). 15 p.
6. Siqueira E. J., Salon M. C. B., Belgacem M. N., Mauret E. Carboxymethylcellulose (CMC) as a model compound of cellulose fibers and polyamideamine epichlorohydrin (PAE)-CMC interactions as a model of PAE-fibers interactions of PAE-based wet strength papers. *Journal of Applied Polymer Science*. 2015. Vol. 132 (26). P. 442-448.
7. Österberg M., Henn K. A., Farooq M., Valle-Delgado J. J. Biobased Nanomaterials – The Role of Interfacial Interactions for Advanced Materials. *Chemical Reviews*. 2023. Vol. 123 (5). P. 2200-2241.
8. Adibi A., Valdesueiro D., Simon L., Lenges C. P., Mekonnen T. H. High Barrier

- Sustainable Paper Coating Based on Engineered Polysaccharides and Natural Rubber. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2022. Vol. 10 (32). P. 10718-10732.
9. Jianprasert A., Monvisade P., Yamaguchi M. Combinatin of tung oil and natural rubber latex in PVA as water based coatings for paperboard application. *MATEC Web of Conferences*. 2015. 30:03010.
  10. Yamamoto Y., Ichiura H., Ohtani Y. Improvement of wet paper strength using a phosphoric acid-urea solution. *Cellulose*. 2019. Vol. 26. P. 5105-5116.
  11. Adibi A., Valdesueiro D., Mok J., Behabtu N., Lenges C., Simon L., Mekonnen T. H. Sustainable barrier paper coating based on alpha-1,3 glucan and natural rubber latex. *Carbohydrate Polymers*. 2022. 282 (3):119121.
  12. Zhang F., Lan X., Peng H., Hu X., Zhao Q. (2020). A “Trojan Horse” Camouflage Strategy for High-Performance Cellulose Paper and Separators. *Advanced Functional Materials*. 30(32):2002169.
  13. Osyka V. et al. Polyamidaminepichlorohydrin application for eco-safe waterfast and waterproof food packaging paper production. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15. Issue 2. P. 112-122.
  14. Yun T., Cheng P., Qian F., Cheng Y., Lu J., Lv Y., Wang H. Balancing the decomposable behavior and wet tensile mechanical property of cellulose-based wet wipe substrates by the aqueous adhesive. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 164. P. 1898-1907.
  15. Осика В. А., Коптюх Л. А. Паперові пакувальні матеріали: монографія. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 441 с.
  16. Vaha-Nissi M., Lappalainen T., Salminen K. The wet strength of water- and foam-laid cellulose sheets prepared with polyamideamine-epichlorohydrin (PAE) resin. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 2018. Vol. 33 (3). P. 496-502.
  17. Osyka V., Komakha V., Komakha O. Waterproof paper packaging materials: evaluation of properties. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. 2020. Vol. 3 (35). P. 37-46. [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020\(35\)04](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2020(35)04)
  18. ДСТУ ISO 5269-2:2015. (ISO 5269-2:2004, IDT). Целюлоза. Готування лабораторних листів для фізичних випробувань. Частина 2. Метод із застосуванням апарата Рапід-Кеттена. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 22 с.
  19. ДСТУ 2334–94. Папір та картон. Визначення міцності під час розтягування. Частина 1. Метод навантажування з постійною швидкістю. Київ: Держспоживстандарт України, 1997. 10 с.
  20. ДСТУ ISO 3781:2005. (ISO 3781:1983, IDT). Папір і картон. Визначення міцності під час розтягування після занурення у воду. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
  21. ДСТУ 3549–97. Папір та картон. Метод визначення поверхневої вбирності води під час однобічного змочування (метод Кобба). Київ: Держспоживстандарт України, 1999. 22 с.
  22. ДСТУ 2711–94. (ISO 5633:1983). Папір і картон. Метод визначення водонепроникності. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 22 с.

## REFERENCES

1. Hubbe, Martin A. (2021). Contributions of Polyelectrolyte Complexes and Ionic Bonding to Performance of Barrier Films for Packaging: A Review. *BioResources*. (Vol. 16). (Issue 2), (pp. 4544-4605) [in English].
2. Solt, Pia et al. (2019). Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 94, 99-131 [in English].

3. Davarcioglu, B. (2017). Nanotechnology Applications in Food Packaging Industry. *Nanotechnology*. Springer, Singapore [in English].
4. Zhang, M., Biesold, G. M., Choi, W., Yu, J., Deng, Y., Silvestre, C., & Lin, Z. (2022). Recent advances in polymers and polymer composites for food packaging. *Materials Today*. (Vol. 53), (pp. 134-161) [in English].
5. Marinelli, A., Diamanti, M. V., Lucotti, A., Pedferri, M. P., & Del Curto, B. (2021). Evaluation of Coatings to Improve the Durability and Water-Barrier Properties of Corrugated Cardboard. *Coatings*. (Vol. 12 (1) [in English].
6. Siqueira, E. J., Salon, M. C. B., Belgacem, M. N., & Mauret, E. (2015). Carboxymethyl-cellulose (CMC) as a model compound of cellulose fibers and polyamideamine epichlorohydrin (PAE)-CMC interactions as a model of PAE-fibers interactions of PAE-based wet strength papers. *Journal of Applied Polymer Science*. (Vol. 132 (26), (pp. 442-448) [in English].
7. Österberg, M., Henn, K. A., Farooq, M., & Valle-Delgado, J. J. (2023). Biobased Nanomaterials – The Role of Interfacial Interactions for Advanced Materials. *Chemical Reviews*. (Vol. 123 (5), (pp. 2200-2241) [in English].
8. Adibi, A., Valdesueiro, D., Simon, L., Lenges, C. P., & Mekonnen, T. H. (2022). High Barrier Sustainable Paper Coating Based on Engineered Polysaccharides and Natural Rubber. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. (Vol. 10 (32), (pp. 10718-10732) [in English].
9. Jianprasert, A., Monvisade, P., & Yamaguchi, M. (2015). Combinatin of tung oil and natural rubber latex in PVA as water based coatings for paperboard application. *MATEC Web of Conferences*, 30:03010 [in English].
10. Yamamoto, Y., Ichiura, H., & Ohtani, Y. (2019). Improvement of wet paper strength using a phosphoric acid-urea solution. *Cellulose*. (Vol. 26), (pp. 5105-5116) [in English].
11. Adibi, A., Valdesueiro, D., Mok, J., Behabtu, N., Lenges, C., Simon, L., & Mekonnen, T. H. (2022). Sustainable barrier paper coating based on alpha-1,3 glucan and natural rubber latex. *Carbohydrate Polymers*, 282 (3):119121 [in English].
12. Zhang, F., Lan, X., Peng, H., Hu, X., & Zhao, Q. (2020). A "Trojan Horse " Camouflage Strategy for High-Performance Cellulose Paper and Separators. *Advanced Functional Materials*, 30(32):2002169 [in English].
13. Osyka, V. et al. (2021). Polyamidaminepichlorohydrin application for eco-safe waterfast and waterproof food packaging paper production. *Food science and technology*. (Vol. 15). (Issue 2), (pp. 112-122) [in English].
14. Yun, T., Cheng, P., Qian, F., Cheng, Y., Lu, J., Lv, Y., & Wang, H. (2020). Balancing the decomposable behavior and wet tensile mechanical property of cellulose-based wet wipe substrates by the aqueous adhesive. *International Journal of Biological Macromolecules*. (Vol. 164), (pp. 1898-1907) [in English].
15. Osyka, V. A., & Koptjuh, L. A. (2017). Paper packaging materials. Kyiv: Kyiv National University of Trade and Economics [in Ukrainian].
16. Vaha-Nissi, M., Lappalainen, T., & Salminen, K. (2018). The wet strength of water- and foam-laid cellulose sheets prepared with polyamideamine-epichlorohydrin (PAE) resin. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. (Vol. 33 (3), (pp. 496-502) [in English].
17. Osyka, V., Komakha, V., & Komakha, O. (2020). Waterproof paper packaging materials: evaluation of properties. *Commodities and markets*. (Vol. 3 (35), (pp. 37-46) [in English].
18. Cellulose. Preparation of laboratory sheets for physical tests. Part 2. The method using the Rapid-Ketten apparatus. (2015). *DSTU ISO 5269-2:2015. (ISO 5269-2:2004, IDT)*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].
19. Paper and cardboard. Determination of tensile strength. Part 1. Constant speed loading method. (1997). *DSTU 2334-94*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].
20. Paper and cardboard. Determination of tensile strength after immersion in water. (2006). *DSTU ISO 3781:2005. (ISO 3781:1983, IDT)*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].

21. Paper and cardboard. The method of determining the surface absorbency of water during one-sided wetting (Cobb's method). (1999). *DSTU 3549–97*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].
22. Paper and cardboard. The method of determining waterproofness. (1994). *DSTU 2711–94. (ISO 5633:1983)*. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine [in Ukrainian].

---

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють, що вони не мають фінансових чи нефінансових конфліктів інтересів щодо цієї публікації; не мають відносин із державними органами, комерційними або некомерційними організаціями, які могли б бути зацікавлені у поданні цієї точки зору. З огляду на те, що двоє з авторів працюють в установі, яка є видавцем журналу, що може зумовити потенційний конфлікт або підозру в упередженості, остаточне рішення про публікацію цієї статті (включно з вибором рецензентів та редакторів) приймалося тими членами редколегії, які не пов'язані з цією установою.

Внесок авторів: Осика В. – 60 %; Комаха О. – 20 %; Комаха В. – 20 %.

Автори не отримували прямого фінансування для цього дослідження.

Osyka V., Komakha O., Komakha V. Moisture resistance and waterproofness of paper packaging materials. *International scientific-practical journal "Commodities and markets"*. 2023. № 2 (46). P. 91-105. [https://doi.org/10.31617/2.2023\(46\)08](https://doi.org/10.31617/2.2023(46)08)

Надійшла до редакції 25.05.2023.

Прийнято до друку 29.05.2023.

Публікація онлайн 23.06.2023.