

Технічні науки

УДК 676.038.2

Коваль Андрій Миколайович

магістрант

*Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Коваль Андрей Николаевич

магістрант

*Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Koval Andrii

Master student of the

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Мовчанюк Ольга Михайлівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Мовчанюк Ольга Михайловна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры экологии и технологии растительных полимеров

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Movchaniuk Olha

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОЗПУСКАННЯ ВІДХОДІВ АСЕПТИЧНОГО
ПАКОВАННЯ**

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РОСПУСКА ОТХОДОВ АСЕПТИЧЕСКОЙ
УПАКОВКИ**

**INTENSIFICATION OF THE DISSOLUTION OF ASEPTIC
PACKAGING WASTE**

***Анотація.** Досліджено вплив різних умов просочення відходів виробництва асептичного пакування типу Тетра Пак на швидкість вбирання рідини картонним шаром. Для інтенсифікації розпускання такої макулатури рекомендовано здійснювати попереднє її подрібнення і просочення розчином гідроксиду натрію концентрацією 5 %.*

***Ключові слова:** капілярні сили, набухання волокна, асептичне пакування, вода, температура, концентрація, луг.*

***Аннотация.** Исследовано влияние различных условий пропитки отходов производства асептической упаковки типа Тетра Пак на скорость впитывания жидкости картонным слоем. Для интенсификации роспуска такой макулатуры рекомендуется производить предварительное ее измельчение и пропитку раствором гидроксида натрия концентрацией 5%.*

***Ключевые слова:** капиллярные силы, набухание волокна, асептическая упаковка, вода, температура, концентрация, щелочь.*

***Summary.** The influence of different conditions of impregnation of Tetra Pak aseptic packaging waste on the rate of liquid absorption by the cardboard layer. To intensify the dissolution of such waste paper, it is recommended to carry out its preliminary grinding and impregnation with a solution of sodium hydroxide with a concentration of 5%.*

***Key words:** capillary forces, fiber swelling, aseptic packaging, water,*

temperature, concentration, alkali.

За даними Міжнародної фінансової корпорації (IFC, Група Світового банку), щорічно в Україні утворюється понад 13 млн тонн твердих побутових відходів (ТПВ). Більше 90% ТПВ спрямовується на полігони та звалища [1]. У структурі побутових відходів України (за даними дослідження в межах проекту TACIS) 3,6% припадає на долю відходів пакування типу Тетра Пак [2]. Довгий час вважалося, що їх переробляти дуже складно і не рентабельно. Але з огляду на те, що на повне природне розкладання таких відходів знадобиться від одного до кількох століть, існує єдина альтернатива – це повне вторинне її перероблення. Цьому також сприяють зростання попиту і високі ціни на масово використовувані марки макулатури, погіршення якості вторинної сировини, а також відсутність власного виробництва первинних напівфабрикатів.

Під час перероблення відходів асептичного пакування типу Тетра Пак низка проблем виникає під час розпускання, серед яких значна кількість втрат волокнистої частини після розпускання. Активація процесів сорбції води волокнами картонного шару може суттєво прискорити процес розпускання, скоротити витрати електроенергії, знизити втрати волокна.

Метою дослідження було визначення ефективних режимів просочення відходів виробництва асептичного пакування типу Тетра Пак для підвищення швидкості їх розпускання і зниження волокнистих втрат.

Целюлозне волокно має складну капілярно-пористу структуру, що пронизана порами і капілярами різної величини. Поглинання рідких серед целюлозою здійснюється у дві стадії: 1) капілярне всмоктування рідини в міжволоконні простори і люмени волокон; на цій стадії, що протікає з великою швидкістю, значення сорбції досягають сотень процентів; 2) сорбція рідини стінкою целюлозного волокна, тобто безпосередньо речовиною целюлози, що складає лише кілька процентів [3, с. 2079].

Для дослідження використовувалися зразки з відходів виробництва асептичного пакування розміром 30x50 мм. Для просочення зразків використовувалась водопровідна вода та розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,2 та 5 %. Дослідження проводилися упродовж 5 годин у спеціальному пристрої [4], за різних умов (табл. 1).

Таблиця 1

Режими просочення

Номер режиму	Температура, °С	Просочувальна рідина	Концентрація, %
1	13 (базовий варіант)	вода	–
2	20	вода	–
3	30	вода	–
4	40	вода	–
5	60	вода	–
6	20	гідроксид натрію	0,2
7	20	гідроксид натрію	5,0

Дослідження проводилися за методикою [4]. Поглинання рідини картонним шаром оцінювали за приростом маси зразка. Відносний приріст маси зразка q , %, визначали за формулою:

$$q = \frac{m_k - m_n}{m_n} \cdot 100,$$

де m_n і m_k – маса зразка до і після просочення, г.

Після оброблення та аналізу отриманих даних (рис. 1), було встановлено, що режими 1 – 3 дали схожі результати. Перші незначні відмінності в результатах просочення між ними стали помітними через 45 хв, а за п'ять годин відносний приріст маси зразків становив близько 8 %. Однакові результати отримано також за режимів 4 і 6: приріст маси склав близько 5 %, а 8 % приросту отримано за 175 хв. Значно відмінними є результати просочення для режимів 5 і 7: близько 8 % приросту зафіксовано для режиму 7 вже через 15 хв, а для режиму 5 – через 45 хв.

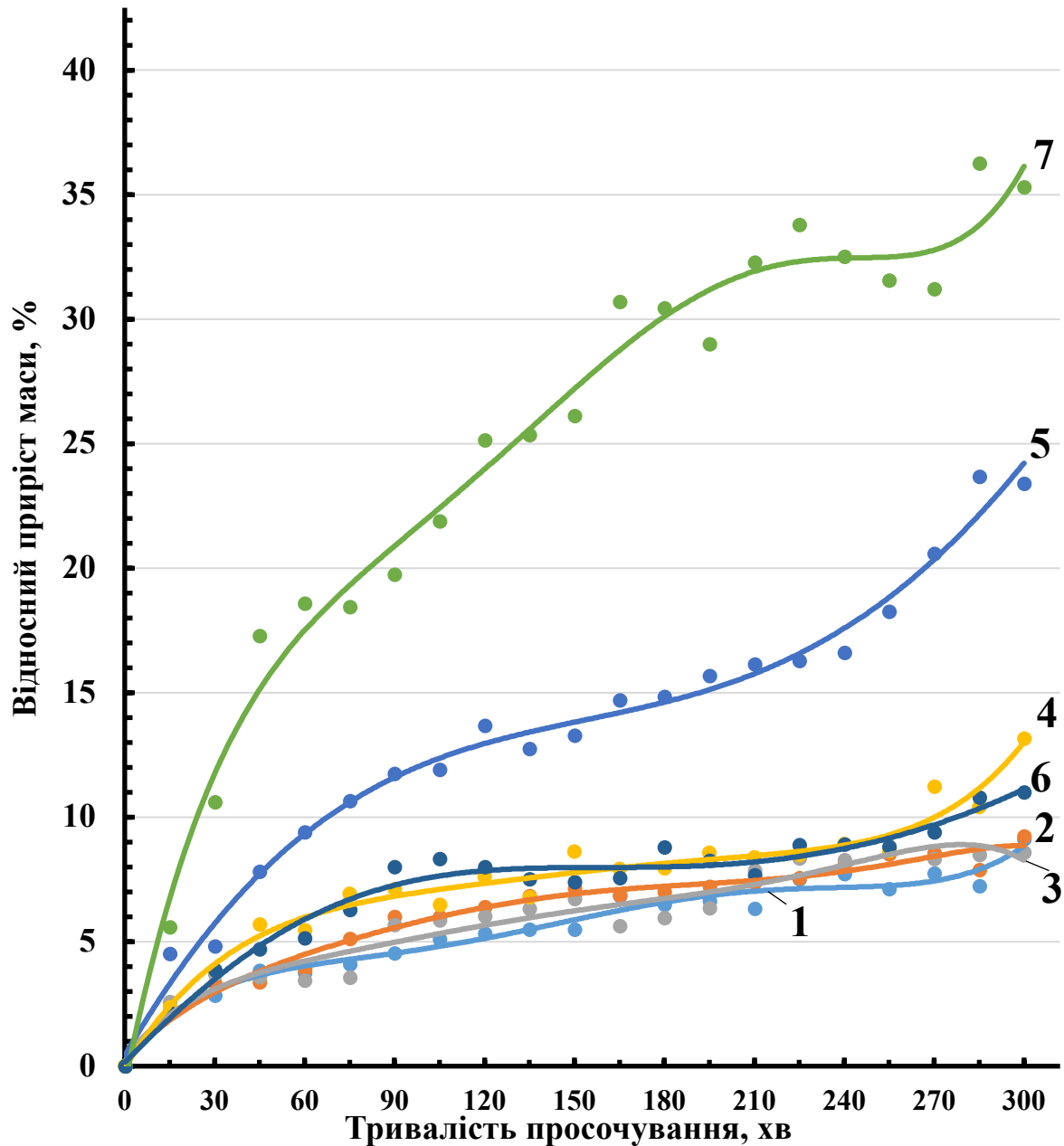
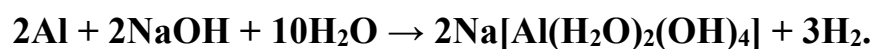


Рис. 1. Залежність відносного приросту маси зразка від тривалості просочування:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – за режимами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 відповідно

Джерело: авторська розробка

Під час тривалого просочування зразків 5 %-м лугом спостерігали виділення газу та зникнення по краях зразка алюмінієвої фольги [4], що реагує з лугом після розчинення ним її захисного окисного шару [5, с. 76]:



Перші ознаки взаємодії були помітні через 1,5 год, а через 5 годин така взаємодія стає значною.

Апроксимацію експериментальних залежностей виконано за допомогою функції «Лінія тренда» програми MS Excel 2010. В результаті було отримано однофакторні математичні моделі для всіх досліджених умов просочення. Всі моделі є поліноміальними функціями, що адекватно описують залежності відносного приросту маси зразка від загального часу просочення (табл. 2). Ступінь апроксимуючого полінома – 5 і 6.

Таблиця 2

Результати апроксимації

Номер кривої	Математична модель	Достовірність апроксимації, (R ²)
1	$y = -1E-14x^6 + 9E-11x^5 - 7E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,0023x^2 + 0,1484x + 0,1731$	0,9722
2	$y = -3E-13x^6 + 2E-10x^5 - 9E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,0016x^2 + 0,1252x + 0,27$	0,9778
3	$y = -5E-13x^6 + 4E-10x^5 - 1E-07x^4 + 3E-05x^3 - 0,0024x^2 + 0,1435x + 0,3803$	0,9375
4	$y = 2E-14x^6 + 6E-11x^5 - 5E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,0024x^2 + 0,1974x - 0,0569$	0,9684
5	$y = -9E-12x^5 + 6E-09x^4 + 1E-06x^3 - 0,0011x^2 + 0,2072x + 0,4462$	0,9870
6	$y = 9E-14x^6 - 1E-10x^5 + 4E-08x^4 - 6E-06x^3 - 0,0002x^2 + 0,1213x + 0,1655$	0,9708
7	$y = 9E-14x^6 + 2E-10x^5 - 2E-07x^4 + 5E-05x^3 - 0,0075x^2 + 0,5939x - 0,6577$	0,9821

Висновки. У технологічну схему перероблення відходів асептичного пакування рекомендується включати стадію підготовки до розпускання. Це може бути просочування у розчині гідроксиду натрію (можливо під тиском) упродовж 15 – 45 хв. В основу такого оброблення покладено здатність целюлозного волокна до набухання у лужному середовищі. За концентрації розчину їдкого натрію 5% відбувається набухання целюлози, переважно, у її аморфних ділянках. При цьому волокна збільшуються в розмірах, сили адгезії плівки до целюлози значно слабшають, що призводить до самовільного відокремлення полімерної плівки від поверхні картону [6, с. 63]. Для забезпечення більшої площі контакту картонного

шару з лугом відходи пакування до просочення треба подрібнити.

Література

1. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку, 2015. 114 с.
URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INpI3Ew>.
2. Екологія. Право. Людина. URL: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/01/buklet-A3.pdf>
3. Чиркова Е А, Крейтус А.Э. Сорбция растворителей целлюлозой и целлюлозными материалами из жидкой фазы. Высокомолекулярные соединения. 1989. Т. (А)XXXI. № 10. С. 2079-2083.
4. Movchaniuk O., Koval A. Speed of liquid absorption by fiber layer of aseptic packaging // Results of modern scientific research and development. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Madrid, Spain. 12-14 December 2021.
5. Неорганическая химия: В 3 т. / Под ред. Ю. Д. Третьякова. Т. 2: Химия непереходных элементов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г. Н. Мазо, Ф. М. Спиридонов. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 368 с.
6. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Александров А.В., Гаузе А.А. Технология и оборудование переработки макулатуры: учебное пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2019. Часть I. 107 с.