

УДК 678:504.06

ЕКОЛОГІЧНЕ ГНУЧКЕ ПАКОВАННЯ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Ю. А. Кукура, В. В. Кукура, В. Б. Репета

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

На основі аналізу сучасних досліджень та публікацій сформульовано критерії, якими характеризується екологічне пакування та відповідно до цих критеріїв визначено основні екологічні напрями розвитку пакувальної індустрії. На основі аналізу опитування провідних спеціалістів галузі визначено ті тренди розвитку пакувальної галузі, які мають найбільший потенціал для змін. Отримані результати підтверджено практичними досягненнями європейських пакувальних компаній, представлених на виставці FachPack 2021. Зокрема, описано рециклінговий процес переробки поліетилентерефталатної плівки, розроблений компанією TPL. На прикладі розробок компанії Jindal Films розглянуто комплексне рішення для заміни поліетилентерефталатних плівок та паперу, що використовуються в багатошарових матеріалах, на спеціально розроблені орієнтовані поліпропіленові плівки серій OPPalyte та Vicor для створення мономатеріалів з високою температурною стійкістю та міцністю. На прикладі розробок компанії Eurofilm Mantzaris S.A. розглянуто мономатеріали з використанням модифікованих орієнтованих поліетиленових плівок MDO-PE з широким діапазоном властивостей.

Ключові слова: екологічне пакування, полімерні плівки, поліетилен, поліпропілен, поліетилентерефталат, мономатеріали, рециклінг.

Постановка проблеми. Індустрія пакування протягом останніх десятиліть стала однією з найважливіших та найпріоритетніших продуктів економіки індустріально розвинених країн світу. Вона є одним із десяти найбільших секторів промисловості кожної країни. До 2024 року, за прогнозами аналітиків, буде вироблено 1 трлн 800 млрд одиниць пластикових пакувань. Особливо стрімкими темпами розвивається ринок гнучких пакувань [1]. На думку дослідницької компанії Mordor Intelligence, обсяг ринку гнучких пакувань до 2025 р. досягне \$314,98 млрд із середньорічним зростанням 3,87 % у 2020–2025 рр. [2]. Відомо, що основою більшості гнучких пакувань є полімерні матеріали і їх дедалі ширше застосування вже тепер становить глобальну загрозу забруднення для навколишнього середовища. Тому надзвичайно актуальною є проблема боротьби з поширенням полімерних відходів, їх переробки та утилізації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасних умовах глобалізація світової економіки стимулює виробників пакувальної продукції до пошуків інноваційних технологічних рішень, спрямованих на підвищення конкурентоздатності не лише на національному, а й на зовнішніх ринках, а це своєю чергою активізує

роботу науковців та дослідників. В Україні існує декілька наукових шкіл, які займаються проблемами проектування, виготовлення та оздоблення паковань. Зокрема, під керівництвом професора С. Ф. Гавенко (УАД) досліджуються нові можливості «розумного» і «активного» пакування, їх функціональність та сфери застосування [3–4], сучасні технології захисту паковань від підробки [5], технології виробництва паковань із застосуванням спеціальних фарб та лаків [6], а також проводились аналітичні дослідження основних етапів життєвого циклу паковань [7]. Відомі роботи наукової школи професора І. І. Регея (УАД), присвячені як основам пакувальної справи [8], так і розробці методик, оцінці ефективності використання пакувальних матеріалів і енергоощадним технологіям та засобам виготовлення паковань [9–11]. Важливим майданчиком дискусій науковців та виробничників є журнал «Упаковка», натхненником та головним редактором якого є В. М. Кривошей [12], окремі номери журналу присвячуються проблемам екологічності паковань [13]. Відомі також роботи [14–16], присвячені проблемам екологічного маркетингу у сфері паковань. Науковці проводять як аналіз новітніх розробок екологічної упаковки [17–18], так і генерують безпосередні ідеї щодо розробки безпечних та біорозкладних пакувальних матеріалів [19–21]. Приділяється також увага і міграції компонентів друкарських фарб у процесі експлуатації паковань [22].

Мета статті — встановлення основних тенденцій виробництва екологічно безпечних гнучких паковань та перспектив їх впровадження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ще кілька років тому масштабні екологічні рішення для паковань пропагували лише спеціалізовані або передові компанії. Сьогодні виробництво та використання екологічних паковань дедалі більше і більше стає буденним стандартом.

Екологічне пакування — це пошук, розробка та використання пакувальних рішень, які мають мінімальний вплив на навколишнє середовище та залишають мінімальний «екологічний слід». Простіше кажучи, екологічне пакування безпечне для довкілля і не сприяє подальшому виснаженню природних ресурсів [23].

Коаліція з екологічних паковань (SPC) пропонує такі 8 критеріїв, за якими пакування вважається екологічним:

1. Є корисним, безпечним і здоровим для окремих людей і громад протягом усього його життєвого циклу.
2. Відповідає ринковим критеріям ефективності та вартості.
3. Виробляється, транспортується та переробляється з використанням відновлюваної енергії.
4. Оптимізує використання відновлюваних або перероблених вихідних матеріалів.
5. Виробляється з використанням безпечних («чистих») технологій виробництва та передового досвіду.
6. Виготовляється з матеріалів, корисних протягом усього життєвого циклу.
7. Фізично розроблене для оптимізації витрат матеріалів та енергії.
8. Ефективно відновлюється та використовується в біологічних та/або промислових процесах із замкнутим циклом [23].

Відповідно до цих критеріїв формуються основні напрями розвитку пакувальної індустрії на шляху до виготовлення екологічних паковань. Однак оцінити реальний стан цих процесів дає змогу лише безпосереднє опитування провідних спеціалістів та керівників галузі. Одним з майданчиків такого опитування стала міжнародна виставка FACHPACK 2021, яка відбулася 28–30 вересня 2021 року у місті Нюрнберг (Німеччина). Відповідно до основного гасла виставки — «Environmentally friendly packaging» (Екологічно безпечне пакування), лідери європейської пакувальної індустрії продемонстрували свої досягнення у цьому напрямі. Загалом питання вирішення проблеми безпечних до навколишнього середовища паковань було розділене за кількома напрямками. Найбільше уваги було приділено ресурсозберігаючим технологіям гнучких паковань та використанню у цих технологіях мономатеріалів для досягнення кращих умов сортування полімерів. Це дасть змогу інтенсифікувати використання вторинної сировини, без чого циркуляційна економіка (перехід на яку є основним завданням) є неможливою [24].

Важливим трендом є також використання цифрових водяних знаків (digital watermarks), які допомагають не тільки у сортуванні паковань, а й є незмінним атрибутом «розумного» пакування, дають змогу відстежувати транспортування та зберігання запакованого продукту, забезпечуючи його якість та мінімізуючи втрати через пакування.

Через призму екологічності паковань розглядаються розробки в галузі оптимізації проєктування та дизайну паковань для електронної комерції, що набуло особливої актуальності в період пандемії коронавірусу. З цим напрямом безпосередньо пов'язаний перехід до паковань багаторазового використання. Водночас не припиняються розробки широкого асортименту біологічно безпечних та біологічно розкладаєльних полімерів (наприклад, полілактидної кислоти (PLA)). Ці тенденції підкріплюються маркетинговими дослідженнями, які показують, що серед споживачів зростає тенденція оцінювати бренди щодо їх екологічності та готовність платити більше за екологічне пакування.

Для визначення пріоритетності напрямів переходу до екологічних паковань організація Trendradar на виставці FACHPACK 2021 провела опитування. У цьому опитуванні основні тренди на ринку паковань були згруповані у чотири категорії. Ці категорії були представлені для оцінювання 108 представникам галузі, понад 60 відсотків з яких займають посади керівного рівня. Близько третини опитаних респондентів працює в компаніях, що налічують понад 1000 працівників. Представники галузі могли оцінити за шкалою від 1 до 5 наскільки привабливою є та чи інша тенденція для пакувальної галузі та наскільки сильно ця тенденція змінить індустрію паковань. Окрім того, була проведена оцінка щодо того, коли ці тенденції будуть повністю впроваджені у виробничі процеси (до 3 років, від 3 до 5 років, понад 5 років, не будуть впроваджені). Результати опитування наочно ілюструє діаграма (рис. 1).

Загалом, підсумовуючи вищеперелічені тенденції, можна дійти висновку, що циркуляційна економіка найбільше змінить індустрію пакування. Для того щоб вона стала реальністю протягом трьох-п'яти років, необхідні основи повинні бути закладеними в найближчі роки. Відповідно до цього припускають представники

галузі, опитані Trendradar, ресурсозберігаюче пакування, пакування багаторазового використання, мономатеріали та збільшення використання перероблених матеріалів будуть впроваджуватись у галузі в наступні кілька років [24].



Рис. 1. Тренди розвитку пакувальної індустрії з найбільшим потенціалом для змін у галузі (Trendradar, [www. https://www.packaging-360.com/whitepaper/trendradar-2021/](https://www.packaging-360.com/whitepaper/trendradar-2021/))

Результати опитування знайшли своє підтвердження безпосередньо на стендах виставки FACHPACK 2021, де провідні компанії демонстрували свої досягнення у вирішенні екологічних проблем.

Наприклад, швейцарська корпорація TPL пропонує комплексне рішення для переробки PET-плівки. Відсортовану та очищену сировину піддають додатковому процесу гліколізу, в результаті якого відбувається деполімеризація, відновлення мономерної основи та наступна реполімеризація (рис. 2).

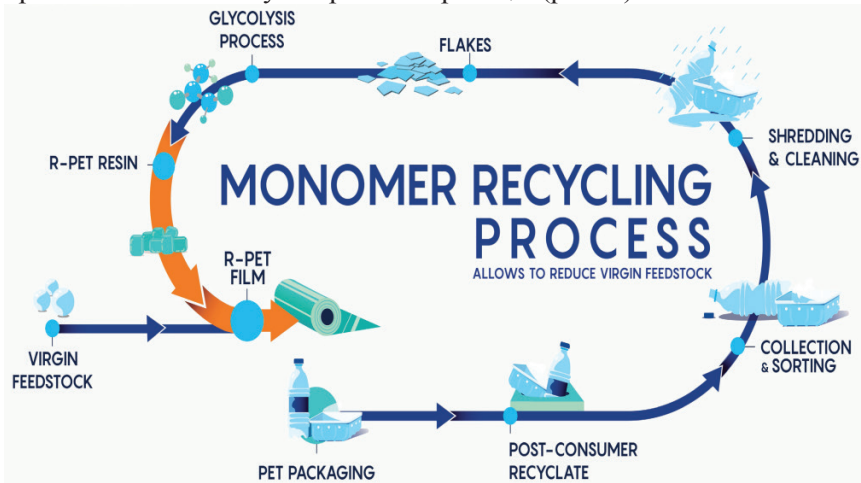


Рис. 2. Рециклінговий процес переробки PET-плівки, який використовує компанія TPL (www.tpl.ch)

Отриманий у такий спосіб продукт переробляється у гранули, які після змішування з гранулами звичайного PET стають основою для виготовлення R-PET-плівки (плівки з «відновленого» PET). У цій плівці перероблений PET становить приблизно 70 %. Виробник гарантує близькі до стандартної PET-плівки значення товщини та міцності (табл.).

Таблиця

Порівняння властивостей різних типів PET-плівок

Властивості		Метод тестування	Одиниця вимірювання	PET (TFCO)	R-PET (TFCO-R7)
Номінальна товщина		Polyplex Method	мкм	12	12
Розривне зусилля	MD	ASTM D-882	кг/см ²	2200	1800
	TD			2300	2000
Видовження при розриві	MD	ASTM D-882	%	130	130
	TD			125	120

Використання R-PET-плівки не тільки забезпечує економію сировини для її створення, а й гарантує зменшення пластикових відходів та вуглецевого сліду.

Індійський концерн Jindal Films пропонує набір комплексних рішень для заміни різноманітних плівок, які використовуються у багатошарових пакуваннях, на поліпропіленові плівки з покращеними властивостями. Зокрема, для пакувань, де використовується папір чи орієнтована PET-плівка, пропонується використання білих плівок OPPalylte (SHH, ORH) або прозорих плівок Vicoг з матовим покриттям (CSRМ). Використання не термозварюваного матового OPP допоможе підвищити ефективність пакування та забезпечити пакуванню особливий візуальний ефект. Спеціально розроблений OPP забезпечує високу температурну стійкість та міцність пакувань. Щоб замінити використання PET-плівки для ще більш «вимогливих» пакувань, в компанії Jindal Films розроблено покращені теплостійкі плівки OPP (Vicoг MB100), а для ринку ретортпакувань та процесів стерилізації — Vicoг MR100.

Іншим інноваційним рішенням компанії Jindal Films є заміна алюмінієвої фольги чи PET з вакуумним покриттям на плівки OPP з високими бар'єрними властивостями. Створені OPP-плівки забезпечують високі бар'єрні властивості щодо вологи, газу, аромату та мінеральних оливок та мають високу механічну стійкість, стійкість до проколювання та згинання. Алюмінієва фольга та Met-PET можуть бути заміненими на плівку Metallyte з високим бар'єром (MM288) або надвисоким бар'єром (MM883).

Для заміни плівки PET з вакуумним покриттям SiO_x чи AlO_x в прозорих пакуваннях можна застосовувати плівки Aloх-Lyte (AO894, AO893) або плівки з покриттям Vicoг (MB866, MB890).

Отже, використання цих поліпропіленових плівок у ламінованих пакуваннях в поєднанні з іншими поліпропіленовими плівками дасть змогу виготовити

пакування з моно матеріалу, яке значно легше відсортувати і можна без проблем переробити та повторно використати.

У технологіях заміни складних багатошарових матеріалів на матеріали з моноплівок значну увагу приділяють модернізації пакувань, до складу яких входять поліетиленові плівки. Багато компаній пропонують свої рішення, зокрема фірма EUROFILM MANTZARIS S.A., яка презентувала на FACHPACK розроблені моно матеріали з використанням модифікованої орієнтованої поліетиленової плівки MDO-PE. Це плівка з машинним напрямком орієнтації молекулярних ланцюгів. У процесі виготовлення плівку нагрівають до температури трохи нижче її температури плавлення і розтягують у певній орієнтації. Для цього використовується спеціальне обладнання, в якому відбувається попереднє рівномірне нагрівання, потім плівка натягується між серією роликів, що обертаються з різною швидкістю, і відбувається орієнтування молекул у процесі подальшого нагрівання, яке фіксується при охолодженні плівки до кімнатної температури.

Цей складний багатостадійний процес має значну кількість налаштувань на кожному з етапів виготовлення, що дає змогу виготовляти плівку з широким діапазоном властивостей, однак будь-яка неточність у технології може призвести до браку.

MDO-PE-плівки мають значні переваги перед звичайними плівками. Вони демонструють значно вищі оптичні властивості, які можна налаштувати відповідно до потреб замовника (рис. 3).

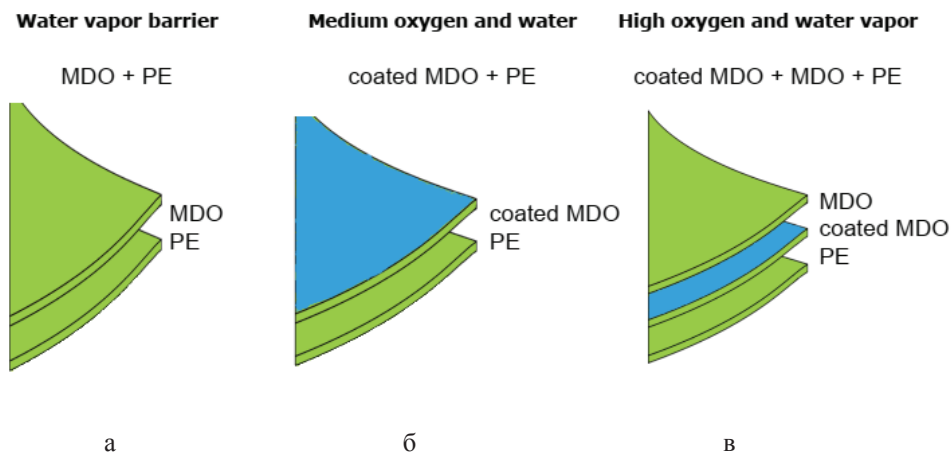


Рис. 3. Багатошарові матеріали з використанням плівки MDO-PE:

а — з підвищеною стійкістю до водяної пари; б — з середніми бар'єрними властивостями;

в — з високими бар'єрними властивостями до кисню та водяної пари

(www.mantzaris-film.com)

Зміною налаштувань у процесі виготовлення можна отримати плівку з низьким або високим блиском, поляризацією або помутнінням, підвищити механічні властивості, такі як стійкість до проколювання та розриву. Процес модифікації

підвищує її бар'єрні властивості та стійкість до вологи (рис. 3). Окрім того, завдяки розтягуванню зменшуються витрати сировини, витрати на транспортування та загалом вуглецевий слід виробництва. Основною ж перевагою цього типу плівок є можливість їх використання у ламінованих монополімерних пакуваннях в поєднанні з іншими типами поліетилену.

Висновки. Здійснивши аналіз результатів опитувань спеціалістів, маркетингових досліджень, публікацій та розробок провідних компаній, встановлено основні сучасні тенденції виробництва екологічно безпечних гнучких пакувань та перспективи їх впровадження. Це дасть змогу українським виробникам пакувань коригувати перспективні плани розвитку виробництв у руслі світових тенденцій, а науковцям запропонувати свої вирішення проблем, які виникають у цьому сегменті пакувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dube N. The Top 5 Packaging Trends For 2020. URL: <https://www.industrialpackaging.com/blog/the-top-5-packaging-trends-for-2020> (дата звернення: 23.01.2022).
2. Гибкая упаковка: плюсов пока больше, чем минусов, соответственно, и рост неизбежен. URL: <https://printus.com.ua/article/read/4152> (дата звернення: 23.01.2022).
3. Гавенко С. Ф., Савченко О. М. Нові можливості «розумного» і «активного» пакування. Квалілогія книги. 2012. № 2 (22). С. 8.
4. Гавенко С. Ф., Савченко О. М. Функціональність та сфери застосування розумного пакування. Квалілогія книги. 2009. № 2. С. 73–79.
5. Гавенко С. Ф. Сучасні технології захисту пакувань від підробки. Упаковка. 2017. № 6. С. 33–35.
6. Havenko S., Kotmalova O., Petryk P. Technologia produkcji opakowan z zastosowaniem farb i lakierow zapachowych. Opakowanie. 2013. № 7. С. 57–61.
7. Гавенко С. Ф., Савченко О. М. Аналітичні дослідження основних етапів життєвого циклу пакувань. Квалілогія книги. 2013. № 2 (24). С. 22–28.
8. Регей І. І. Споживче картоне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. 2011. 144 с.
9. Дурняк Б. В., Регей І. І., Млинко О. І. Пакування з гнучких матеріалів (обґрунтування методики дослідження внутрішнього об'єму). Наукові записки [Української академії друкарства]. 2017. № 1. С. 13.
10. Регей І. І., Млинко О. І. Оцінка ефективності використання пакувальних матеріалів. Упаковка. 2012. № 1. С. 34–36.
11. Регей І. І. Енергоощадна технологія і засоби виготовлення розгортки картонного пакування. 2009. 176 с.
12. Кривошей В. М. Упаковка XXI століття. Упаковка. 2014. № 5. С. 34–40.
13. Кривошей В. М. Екологічність упаковки. Упаковка. 2021. № 6. URL: <https://upakjour.com.ua/zhurnal-upakovka/potochnij-nomer/> (дата звернення: 23.01.2022).
14. Грицюк Н. О. Особливості використання екологічної упаковки при формуванні міжнародної конкурентоспроможності вітчизняних підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. 2016. Вип. 19 (1). С. 66–68.

15. Кірносова М. В. Вимоги екологічного маркетингу до упаковки товару. Вісник Хмельницького нац. ун-ту. 2011. Т. 4. № 6. С. 57–59.
16. Зіновчук Н. В., Рашенко А. В. Екологічний маркетинг. 2015. 190 с.
17. Kozik N. Sustainable packaging as a tool for global sustainable development. Globalization and its Socio-Economic Consequences. 2020. URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2020/02/shsconf_glob2020_04012.pdf (дата звернення: 24.01.2022).
18. Avella M., Jan J. De Vlieger, Errico M. Em., Fischer S., Vacca P., Volpe M. Gr. Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications. Food Chemistry. 2005. № 93. Pp. 467–474. URL: https://www.pfigueiredo.org/Emb_8.pdf. (дата звернення: 24.01.2022).
19. Hesil Jerda, S. Sahayaselvi. Green packaging: an emerging need for sustainable development. UGC Approved Journal. 2018. № 48514. Vol. 7. С. 1–7. URL: https://www.researchgate.net/publication/351090197_GREEN_PACKAGING_AN_EMERGING_NEED_FOR_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT (дата звернення: 24.01.2022).
20. Archana S. Rao, Ajay Nair, Sunil S. More, Arpita Roy, Veena S. More, K. S. Anantharaju. A Comparative Study on Biodegradable Packaging Materials: Current Status and Future Prospects. Microbial Polymers. 2021. Pp. 675–693. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0045-6_27 (дата звернення: 24.01.2022).
21. Guillard V., Gauce S., Fornaciari C., Angellier-Coussy H., Buche P., Gontard N. The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a Circular Economy Context. Frontiers in Nutrition. 2018. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00121/full> (дата звернення: 24.01.2022).
22. Repeta V., Zhydetskyu V., Cherednichenko O., Liakh I. Modeling with Fuzzy Logic the Migration Capacity of UV-ink Components as a Factor of Potentially Harmful Pollution of Packaging / Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security 2021 (IntellTISIS 2021), Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26, 2021. Pp.83–89.
23. Nicasio F. Why You Need to Offer Sustainable Packaging — and How to Do It Right. URL: <https://www.bigcommerce.com/blog/sustainable-packaging/#what-is-sustainable-packaging> (дата звернення: 24.01.2022).
24. Trendradar. URL: <https://www.packaging-360.com/whitepaper/trendradar-2021/> (дата звернення: 24.01.2022).

REFERENCES

1. Dube, N. The Top 5 Packaging Trends For 2020. Retrieved from <https://www.industrial-packaging.com/blog/the-top-5-packaging-trends-for-2020> (data zvernennia: 23.01.2022) (in English).
2. Gibkaja upakovka: pljusov poka bol'she, chem minusov, sootvetstvenno, i rost neizbezhen. Retrieved from <https://printus.com.ua/article/read/4152> (data zvernennia: 23.01.2022) (in Russian).
3. Havenko, S. F., & Savchenko, O. M. (2012). Novi mozhlyvosti «rozumnoho» i «aktyvnoho» pakuvannia: Kvalilohiia knyhy, 2 (22), 8 (in Ukrainian).
4. Havenko, S. F., & Savchenko, O. M. (2009). Funktsionalnist ta sfery zastosuvannia rozumnoho pakuvannia: Kvalilohiia knyhy, 2, 73–79 (in Ukrainian).

5. Havenko, S. F. (2017). Suchasni tekhnologii zakhystu pakovan vid pidrobky: Upakovka, 6, 33–35 (in Ukrainian).
6. Havenko, S., Kotmalova, O., & Petryk, P. (2013). Technologia produkcji opakowan z zastosowaniem farb i lakierow zapachowych: Opakowanie, 7, 57–61 (in Polish).
7. Havenko, S. F., & Savchenko, O. M. (2013). Analitychni doslidzhennia osnovnykh etapiv zhyttievoho tsyклу pakovan: Kvalilohiia knyhy, 2 (24), 22–28 (in Ukrainian).
8. Rehei, I. I. (2011). Spozhyvche kartone pakovannia (materialy, proektuvannia, obladnannia dlia vyhotovlennia) (in Ukrainian).
9. Durniak, B. V., Rehei, I. I., & Mlynko, O. I. (2017). Pakovannia z hnuchkykh materialiv (obgruntuvannia metodyky doslidzhennia vnutrishnoho ob'iemu): Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1, 13 (in Ukrainian).
10. Rehei, I. I., & Mlynko, O. I. (2012). Otsinka efektyvnosti vykorystannia pakuvalnykh materialiv: Upakovka, 1, 34–36 (in Ukrainian).
11. Rehei, I. I. (2009). Enerhooshchadna tekhnolohiia i zasoby vyhotovlennia rozghortok kartonnoho pakovannia (in Ukrainian).
12. Kryvoshei, V. M. (2014). Upakovka XXI stolittia: Upakovka, 5, 34–40 (in Ukrainian).
13. Kryvoshei, V. M. (2021). Ekolohichnist upakovky: Upakovka, 6. Retrieved from <https://upakjour.com.ua/zhurnal-upakovka/potochnij-nomer/> (data zvernennia: 23.01.2022) (in Ukrainian).
14. Hrytsiuk, N. O. (2016). Osoblyvosti vykorystannia ekolohichnoi upakovky pry formuvanni mizhnarodnoi konkurentospromozhnosti vitchyznianskykh pidpriemstv: Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnogo universytetu, 19 (1), 66–68 (in Ukrainian).
15. Kirnosova, M. V. (2011). Vymohy ekolohichnoho marketynhu do upakovky tovaru: Visnyk Khmelnytskoho nats. un-tu, 4, 6, 57–59 (in Ukrainian).
16. Zinovchuk, N. V., & Rashchenko, A. V. (2015). Ekolohichni marketynh (in Ukrainian).
17. Kozik, N. (2020). Sustainable packaging as a tool for global sustainable development. Globalization and its Socio-Economic Consequences. Retrieved from https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2020/02/shsconf_glob2020_04012.pdf (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
18. Avella, M., De Vlieger, Jan J., Errico, M. Em., Fischer, S., Vacca, P., & Volpe, M. Gr. (2005). Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications: Food Chemistry, 93, 467–474. Retrieved from https://www.pfigureiredo.org/Emb_8.pdf. (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
19. Hesil, Jerda, & S. Sahayaselvi. (2018). Green packaging: an emerging need for sustainable development: UGC Approved Journal, 48514, 7, 1–7. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/351090197_GREEN_PACKAGING_AN_EMERGING_NEED_FOR_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
20. Rao, A.S., Nair, A., More, S. S., Roy, A., More, V. S. & Anantharaju, K. S. (2021). A Comparative Study on Biodegradable Packaging Materials: Current Status and Future Prospects: Microbial Polymers, 675–693. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0045-6_27 (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
21. Guillard, V., Gauce, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., & Gontard, N. (2018). The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a

- Circular Economy Context: *Frontiers in Nutrition*. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00121/full> (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
22. Repeta, V., Zhydetskyi, V., Cherednichenko, O., & Liakh, I. (2021). Modeling with Fuzzy Logic the Migration Capacity of UV-ink Components as a Factor of Potentially Harmful Pollution of Packaging / *Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security 2021 (IntellITSIS 2021)*, Khmelnytskyi, Ukraine, March 24–26, 83–89 (in English).
23. Nicasio, F. Why You Need to Offer Sustainable Packaging — and How to Do It Right. Retrieved from <https://www.bigcommerce.com/blog/sustainable-packaging/#what-is-sustainable-packaging> (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).
24. Trendradar. Retrieved from <https://www.packaging-360.com/whitepaper/trendradar-2021/> (data zvernennia: 24.01.2022) (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2022-1-83-36-46

ECOLOGICAL FLEXIBLE PACKAGING: CURRENT TRENDS

Yu. A. Kukura, V. V. Kukura, V. B. Repeta

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
yurii.lviv@gmail.com*

Based on the analysis of modern research and publications, the criteria characterizing ecological packaging are formulated and the main ecological trends of the packaging industry development are determined in accordance with these criteria. Based on the analysis of the survey of leading industry experts, the trends in the packaging industry development that have the greatest potential for change are identified. It is established that the circulating economy will change the packaging industry the most. Its successful implementation within three to five years requires the introduction of resource-saving packaging, monomaterials, reusable packaging and increased use of recyclable materials.

The received results are confirmed by the analysis of practical achievements of leading European companies presented at FachPack 2021. As an example, the recycling technology of polyethylene terephthalate film processing is described which is based on additional glycolysis process developed by TPL (Switzerland). On the example of Jindal Films (India), a comprehensive solution is developed for replacing polyethylene terephthalate films and paper used in multilayer materials with oriented polypropylene films of OPPalyte and Bicor series, the use of which in combination with standard polypropylene films series allows one to create monomaterials with high temperature resistance and durability. On the example of Eurofilm Mantzaris S.A. (Greece) developments, monomaterials using modified oriented polyethylene MDO-PE films with a wide range of properties are considered.

As a result of the results analysis of the expert surveys, marketing research, publications and developments of leading companies, the main current trends in the production of environmentally friendly flexible packaging and prospects for their implementation are identified. This will allow Ukrainian packaging manufacturers to adjust long-term production development plans in line with global trends, and scientists to offer their solutions to problems that arise in this segment of packaging.

Keywords: *ecological packaging, polymer films, polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate, monomaterials, recycling.*

Стаття надійшла до редакції 03.02.2022.

Received 03.02.2022.