

УДК: 628.4:658

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.197.26-31>**Дончак Л.Г.**

кандидат економічних наук

Вінницький навчально-науковий інститут економіки

Західноукраїнського національного університету

Donchak Lesya

PhD in Economic Sc.

Vinnitsia Educational and Scientific Institute of Economics

Western Ukrainian National University

<https://orcid.org/0000-0003-1764-872X>**Пилявець В.М.**

кандидат економічних наук

Вінницький навчально-науковий інститут економіки

Західноукраїнського національного університету

Pyliavets Viktor

PhD in Economic Sc.

Vinnitsia Educational and Scientific Institute of Economics

Western Ukrainian National University

<https://orcid.org/0000-0001-8622-0220>

БІОРОЗКЛАДНЕ ПАКУВАННЯ ТОВАРІВ ЯК ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

У статті досліджено роль біорозкладного пакування як важливого елемента сталого розвитку логістичних систем. Проаналізовано основні типи біорозкладних матеріалів: природні біополімери, синтетичні біополімери, композитні матеріали та компостовані пакувальні рішення. Висвітлено економічні та екологічні переваги впровадження біопакування, включаючи зменшення вуглецевого сліду, оптимізацію управління відходами та підтримку циркулярної економіки. Розглянуто виклики впровадження, такі як висока собівартість виробництва та недостатня інфраструктура для компостування. Особливу увагу приділено інноваціям у сфері біополімерів, необхідності розвитку інфраструктури для ефективного збору та утилізації біорозкладних матеріалів, а також важливості міжнародного співробітництва у гармонізації стандартів та обміні передовими практиками. Запропоновано рекомендації для бізнесу та державних органів щодо стимулювання використання біорозкладного пакування у логістичних ланцюгах постачання.

Ключові слова: біорозкладне пакування, сталий розвиток, логістичні системи, циркулярна економіка, біополімери, інфраструктура утилізації, міжнародне співробітництво.

BIODEGRADABLE PACKAGING AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LOGISTICS SYSTEMS

The article examines the role of biodegradable packaging as an important element of sustainable development of logistics systems, which is a key factor in reducing the environmental burden on the environment and supporting the principles of the circular economy. The main types of biodegradable materials are analyzed, including natural biopolymers (cellulose, starch, chitosan, jute), synthetic biopolymers (PLA, PBS, PHB), composite materials and compostable solutions, each of which has its own unique characteristics and applications. The article highlights the economic and environmental benefits of introducing bio-based packaging, including reducing the carbon footprint, optimizing waste management, supporting biodiversity and preserving natural resources.

The article also focuses on the challenges of introducing biodegradable packaging, including high production costs, insufficient composting infrastructure, and the need to standardize recycling processes. Particular attention is paid to innovations in the field of biopolymers that allow improving the characteristics of materials, as well as the need to create effective systems for the collection, sorting and utilization of biodegradable materials.

The role of international cooperation in the implementation of biodegradable packaging, including the harmonization of international standards, the exchange of best practices, and cooperation between states to jointly address environmental challenges, is also considered.

The study formulates recommendations for businesses and government agencies to promote the use of biodegradable packaging in supply chains. The proposed measures are aimed at supporting innovation through incentives for research and development of advanced biopolymer technologies, as well as fostering public-private partnerships to scale their production and adoption. Additionally, the recommendations emphasize the importance of developing infrastructure for the efficient collection, sorting, and processing of biodegradable waste. Raising environmental awareness among consumers and stakeholders is also highlighted as a key strategy to drive demand for sustainable packaging solutions and encourage responsible consumption practices.

Keywords: *biodegradable packaging, sustainable development, logistics systems, circular economy, biopolymers, recycling infrastructure, international cooperation.*

JEL classification: *Q01, Q57, L91, R41*

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобалізації економіки та зростаючої інтенсивності логістичних процесів виникає необхідність перегляду підходів до пакування товарів. Традиційні матеріали, такі як пластик, займають домінуюче місце у виробництві пакування через їх низьку вартість, універсальність і довговічність. Проте їх використання супроводжується значними екологічними наслідками, такими як накопичення відходів, забруднення природних екосистем і негативний вплив на здоров'я людини.

Біорозкладне пакування виступає перспективною альтернативою, яка дозволяє не лише вирішити проблему накопичення відходів, але й сприяє реалізації принципів сталого розвитку. Дане пакування виготовляється з матеріалів, які розкладаються під впливом природних факторів, мінімізуючи екологічний слід і зберігаючи природні ресурси. Його впровадження набуває особливого значення в логістичних системах, що є важливим елементом глобальних ланцюгів постачання.

Проблема створення екологічно безпечного пакування тісно пов'язана з науковими завданнями дослідження властивостей нових матеріалів, удосконалення виробничих технологій та оцінки впливу таких інновацій на логістичні процеси. Практична сторона питання включає необхідність інтеграції біорозкладного пакування у сучасні логістичні системи, розробки стандартів якості та створення ефективних моделей утилізації відходів. Впровадження біорозкладного пакування у логістиці є важливим кроком до зменшення екологічного навантаження, забезпечення ресурсозбереження та формування відповідального підходу до управління ланцюгами постачання. У цьому контексті біорозкладне пакування не лише вирішує екологічні виклики, але й сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств та підтримці їх репутації як екологічно відповідальних суб'єктів ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливий внесок у дослідження сталих практик у логістиці зробили вчені, такі як О.С. Калініна, Р.І. Байцар, В.М. Кривошей, С.В. Петриченко, О.В. Гвоздев, С.І. Кардаш, О.В. Ганоцька, О.В. Іщенко, Р.М. Москаль, І.В. Фролова, А. Nair, D. Kansal, A. Khan та чимало інших. Проте питання біорозкладного пакування часто залишаються поза увагою через недостатню обізнаність бізнесу та споживачів щодо його переваг, а також через не розробленість ефективних механізмів

стимулювання впровадження таких матеріалів у виробничі та логістичні процеси.

Невирішеною проблемою і досі залишається недостатнє теоретичне й практичне обґрунтування значення біорозкладного пакування як елемента сталого розвитку логістичних систем. З одного боку, це питання вимагає розробки чітких теоретичних підходів до оцінки екологічного, економічного та соціального впливу такого пакування. З іншого боку, необхідно вирішити завдання, пов'язані з інтеграцією біорозкладних матеріалів у сучасні логістичні системи, оптимізацією їх виробництва та розробкою політик підтримки сталого пакування на державному та міжнародному рівнях.

Метою статті є аналіз сучасного стану, переваг, викликів та перспектив впровадження біорозкладного пакування у логістичних системах як інструменту сталого розвитку.

Виклад основних результатів дослідження. У сучасному світі, де екологічні виклики стають дедалі гострішими, питання сталого розвитку набуває особливого значення. Логістичні системи, як основа глобальних ланцюгів постачання, активно впливають на навколишнє середовище. Одним із головних джерел цього впливу є пакування товарів, значна частина якого виготовляється з пластику та інших матеріалів, що складно утилізуються. Масове використання традиційного пакування призводить до забруднення екосистем, перевантаження сміттєзвалищ та погіршення якості життя.

Перехід до біорозкладного пакування є однією з важливих складових сталого розвитку логістичних систем. Крім того, біорозкладне пакування відповідає сучасним екологічним трендам і очікуванням споживачів, які все частіше віддають перевагу екоорієнтованим підприємствам.

Біорозкладне пакування – це матеріали, що можуть розкладатися під впливом природних факторів та мікроорганізмів, утворюючи нешкідливі речовини, такі як вуглекислий газ, вода та біомаса [1]. Біорозкладне пакування є не лише технологічною інновацією, а й важливим кроком у напрямку глобальної екологічної відповідальності. Воно не просто зменшує обсяги пластикових відходів, але й стимулює розвиток циркулярної економіки, де матеріали використовуються повторно або повертаються у природний цикл. Однак слід зазначити, що ефективність біорозкладного пакування

залежить не тільки від самого матеріалу, але й від інфраструктури для його правильної утилізації. Без належних умов компостування чи роздільного збору навіть біорозкладне пакування може не досягти свого потенціалу у зменшенні екологічного навантаження.

Сьогодні біорозкладні пакувальні матеріали, такі як папір, картон, пластик, джут і деревина, займають приблизно 9% світового ринку упаковки (включно з лотками, мішками, коробками, пакетами тощо). Очікується, що їхня частка буде зростати завдяки збільшенню споживчих витрат на екологічно стійкі рішення. Цей тренд обумовлений підвищенням екологічної свідомості суспільства та зростаючим попитом на пакування, що мінімізує негативний вплив на довкілля [2].

Світовий ринок біорозкладного пакування демонструє стабільне зростання завдяки посиленню екологічної свідомості, послідовному впровадженню регуляторних вимог та зростанню інвестицій у стійкі технології. За даними експертів, у 2024 році обсяг ринку біорозкладного пакування сягне 228,1 мільярда доларів США, а до 2034 року ця цифра може зрости до 440,7

мільярда доларів США, що відповідає середньорічному темпу зростання на рівні 6,8% [3].

На рис. 1 представлено розподіл часток ринку біорозкладного пакування за галузями. Харчова промисловість займає найбільшу частку – 35%, що підкреслює високий попит на стійке пакування для свіжих продуктів, м'яса, риби та напоїв. Роздрібна торгівля посідає друге місце з показником 25%, що свідчить про активне використання біопакування у вигляді пакетів, коробок та одноразового посуду. Фармацевтична промисловість, яка забезпечує пакування для медичних препаратів та обладнання, охоплює 15% ринку, демонструючи стабільне зростання завдяки підвищеним стандартам безпеки та якості. Логістика охоплює частку 10%, що пояснюється високими витратами на біорозкладні матеріали у великих обсягах пакування для транспортування товарів. Загалом, аналіз демонструє, що харчова промисловість та роздрібна торгівля залишаються ключовими драйверами розвитку ринку біорозкладного пакування, тоді як фармацевтична галузь та логістика мають значний потенціал для подальшого зростання.

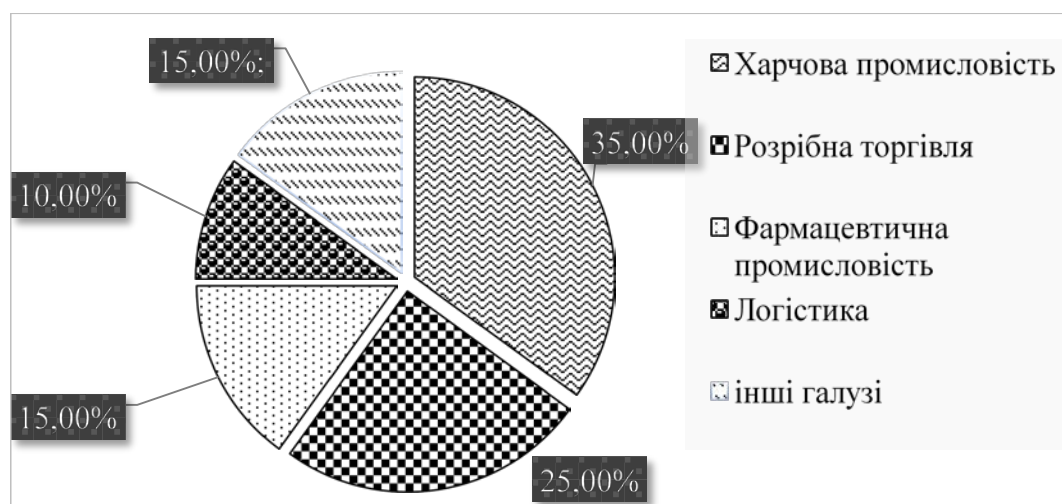


Рис. 1 Частка галузей у глобальному споживанні біорозкладного пакування станом на 2023-й рік
Джерело: побудовано з використанням [4]

Біорозкладні матеріали є основою для стійких рішень у пакувальній індустрії. Вони здатні розкладатися під впливом мікроорганізмів, вологи, температури та кисню, перетворюючись на безпечні для навколишнього середовища речовини. Однак, не всі біорозкладні матеріали однакові – вони відрізняються за складом, походженням, процесом розкладання та умовами, необхідними для цього процесу.

Біорозкладні пакувальні матеріали набувають дедалі більшого значення у контексті глобальної стратегії сталого розвитку. Вони забезпечують не лише ефективний захист товарів під час транспортування та зберігання, а й мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище завдяки здатності до природного розкладання. Зростаюча популярність біорозкладного пакування пов'язана зі збільшенням екологічної

свідомості споживачів, впровадженням суворих регуляторних норм та активним розвитком інновацій у сфері біополімерів. Однак, різноманітність біорозкладних матеріалів потребує чіткого розуміння їхніх властивостей, походження та умов утилізації. Далі розглянемо основні види біорозкладних матеріалів, їхні характеристики та сфери застосування (табл. 1).

Природні біополімери – це матеріали, отримані з природних джерел, таких як рослини, тварини або мікроорганізми [7]. Вони є екологічно чистими, легко піддаються біологічному розкладанню і часто використовуються для виготовлення різних видів пакування. Целюлоза є основним компонентом рослинних клітин і широко використовується у виробництві паперу та картону, які слугують основою для екологічного пакування.

Крохмаль, що отримується з кукурудзи, картоплі чи рису, є основою для створення біопластиків, які часто використовуються для виготовлення пакетів і одноразових контейнерів. Джут і луб'яні волокна є ще однією категорією природних біополімерів, які активно

використовуються для створення екологічних сумок і мішків. Наприклад, пакувальні плівки з кукурудзяного крохмалю активно використовуються для пакування овочів та фруктів, забезпечуючи їхню свіжість і мінімізуючи використання пластику.

Таблиця 1

Види біорозкладних матеріалів та їх характеристики

Тип матеріалу	Джерело	Основні характеристики	Сфера застосування
Природні біополімери	Рослини, тварини, мікроорганізми	Екологічно чисті, легко розкладаються, антимікробні	Пакування продуктів, екосумки, контейнери
Целюлоза	Рослини	Міцність, біорозкладність	Паперове пакування
Крохмаль	Кукурудза, картопля, рис	Гнучкість, прозорість, екологічність	Пакети, одноразовий посуд
Джут і луб'яні волокна	Рослини	Стійкість, екологічність	Екосумки, мішки
Синтетичні біополімери	Біологічні ресурси	Міцність, термостійкість, можливість вторинної переробки	Пакети, контейнери, медичні матеріали
PLA (полілактид)	Кукурудзяний крохмаль	Прозорість, термостійкість, біорозкладність	Контейнери, одноразовий посуд
PBS (полібутиленсукцинат)	Біологічний поліестер	Висока термостійкість, біорозкладність	Пакування продуктів харчування
PHB (полі-3-гідроксибутират)	Бактерії	Стійкість, біорозкладність	Медичні матеріали
Композитні біорозкладні матеріали	Суміш біополімерів	Міцність, гнучкість, універсальність	Міцні пакети, контейнери, доставки їжі
Полімерно-крохмальні суміші	Крохмаль + полімери	Підвищена міцність і термостійкість	Пакети, контейнери для їжі
Целюлозні композити	Целюлоза + біополімери	Міцність, довговічність	Пакети, контейнери для їжі
Компостовані біорозкладні матеріали	Біополімери	Повне розкладання в умовах компостування	Одноразовий посуд, пакети
PLA (полілактид)	Кукурудзяний крохмаль	Розкладання за температури 60°C	Одноразові контейнери, пакети

Джерело: сформовано на основі [5-6,8]

Синтетичні біополімери – це матеріали, які синтезуються штучно з біологічних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль чи цукрова тростина, але при цьому вони зберігають здатність до біологічного розкладання. Вони поєднують у собі високу міцність, термостійкість та можливість вторинної переробки.

Полілактид (PLA) отримують із кукурудзяного крохмалю або цукрової тростини. Цей матеріал широко застосовується для виробництва пакетів, контейнерів і одноразового посуду. Полібутиленсукцинат (PBS) є біорозкладним поліестером, який характеризується високою термостійкістю і використовується для пакування продуктів харчування. Полі-3-гідроксибутират (PHB) виробляється бактеріями і знаходить застосування у фармацевтичній галузі, особливо для пакування медичних препаратів та медичних приладів. Наприклад, PLA-контейнери є популярним вибором у фаст-фуд індустрії для одноразового пакування, оскільки вони поєднують у собі легкість, стійкість і здатність до біологічного розкладання.

Композитні біорозкладні матеріали поєднують у собі переваги як синтетичних, так і природних біополімерів. Вони створюються шляхом комбінування різних біорозкладних матеріалів, що дозволяє підвищити їхню міцність, гнучкість і стійкість до зовнішніх впливів. Полімерно-крохмальні суміші об'єднують синтетичні полімери та натуральний крохмаль, що

забезпечує їм додаткову міцність та термостійкість. Целюлозні композити змішують целюлозні волокна з біополімерами, що дозволяє отримати стійкі та довговічні матеріали, які можуть витримувати значні навантаження. Композитні пакувальні матеріали використовуються для створення міцних та термостійких пакетів, які часто застосовуються для доставки їжі, забезпечуючи її свіжість і безпечність.

Компостовані біорозкладні матеріали – це матеріали, що здатні повністю розкладатися в умовах промислових або домашніх компостних систем. Розкладання таких матеріалів відбувається під дією мікроорганізмів, вологості та відповідного температурного режиму.

PLA (полілактид) активно розкладається в умовах промислового компостування за температури близько 60°C. Цей процес забезпечує повне перетворення матеріалу на біомасу, воду та вуглекислий газ. Крохмаль-PLA суміші є ще однією популярною категорією матеріалів, які можуть бути компостовані не лише в промислових умовах, а й у домашніх компостерах за дотримання правильного температурно-вологісного режиму. Прикладом є одноразові стаканчики з PLA часто маркуються як придатні для компостування, що дозволяє споживачам відповідально утилізувати їх після використання.

Таким чином, різноманіття біорозкладних матеріалів дозволяє адаптувати їх до різних потреб у сфері

пакування. Природні біополімери забезпечують екологічну чистоту, синтетичні – міцність і функціональність, композитні – універсальність, а компостовані – можливість ефективної утилізації. Кожен тип має свої унікальні властивості, і правильний вибір матеріалу залежить від сфери застосування, умов утилізації та регуляторних вимог.

Використання біорозкладних матеріалів у логістичних системах відіграє важливу роль у скороченні вуглецевого сліду. Під час виробництва традиційного пластикового пакування на основі викопних ресурсів викиди парникових газів значно перевищують показники для біорозкладних альтернатив, таких як PLA (полілактид) або PBS (полібутиленсукцинат). Окрім цього, біорозкладні матеріали дозволяють мінімізувати викиди CO₂ на етапі утилізації, оскільки вони легко компостуються і не виділяють шкідливих речовин під час розкладання. Це особливо важливо у контексті глобальної боротьби зі зміною клімату та досягнення цілей Паризької кліматичної угоди. Підприємства, які впроваджують біорозкладні рішення у свої логістичні ланцюги, не лише знижують свій вплив на довкілля, але й відповідають сучасним екологічним стандартам та регуляціям.

Використання біорозкладного пакування у логістичних процесах не лише позитивно впливає на навколишнє середовище, але й створює додаткову цінність для бренду підприємства. Споживачі віддають перевагу брендам, які демонструють відповідальне ставлення до природи. Суб'єкти господарювання, що використовують біопакування, мають можливість виділитися на ринку завдяки екологічним сертифікатам, таким як ISO 14001 або Green Seal. Це підвищує довіру споживачів, створює позитивний імідж і забезпечує довгострокову лояльність клієнтів. Крім того, біорозкладне пакування часто стає предметом маркетингових кампаній, що дозволяє підприємствам підкреслювати свою соціальну відповідальність і залучати нових клієнтів.

Впровадження біорозкладного пакування у логістичних системах приносить низку економічних вигод. Підприємства можуть знизити витрати на утилізацію відходів, оскільки біорозкладні матеріали не потребують складних процесів переробки та можуть бути легко компостовані. Також уряди багатьох країн пропонують субсидії та гранти підприємствам, що впроваджують стійкі рішення у свої операційні процеси. Наприклад, у Європейському Союзі існують спеціальні фінансові програми для підтримки підприємств, що переходять на біорозкладні пакувальні матеріали. Окрім цього, зростання попиту на екологічно чисту продукцію створює нові можливості для бізнесу та відкриває доступ до нових ринків.

Біорозкладне пакування забезпечує низку екологічних переваг, які роблять його важливим елементом сталого розвитку логістичних систем. В першу чергу, воно допомагає зменшити кількість пластикових відходів, які щорічно забруднюють океани та сміттєзвалища. Також, біорозкладні матеріали підтримують

біорізноманіття, оскільки не виділяють токсичних речовин у ґрунт та воду під час розкладання. І нарешті, використання біопакування сприяє збереженню природних ресурсів завдяки меншому споживанню викопних матеріалів у процесі виробництва. Такі екологічні переваги стають важливим критерієм для підприємств, які прагнуть відповідати принципам сталого розвитку.

Незважаючи на значні переваги, широке впровадження біорозкладного пакування стикається з певними викликами:

- висока собівартість виробництва (біополімери, такі як PLA або PBS, часто є дорожчими за традиційний пластик, що може стати фінансовим бар'єром для малих і середніх підприємств);
- недостатня інфраструктура для компостування та переробки біорозкладних матеріалів.

Сучасні дослідження зосереджені на створенні нових поколінь біополімерів, які матимуть покращені фізико-механічні властивості, підвищену міцність, гнучкість та стійкість до вологи. Наприклад, полімери на основі полілактиду (PLA) та полібутиленсукцинату (PBS) постійно вдосконалюються для забезпечення кращої термостійкості та прозорості пакувальних матеріалів. Також з'являються гібридні матеріали, що поєднують природні та синтетичні компоненти, зменшуючи витрати на виробництво та підвищуючи їх ефективність. Одним із важливих напрямків інновацій є розробка саморозкладних матеріалів, що можуть розпадатися навіть у домашніх умовах, а також інтеграція розумних сенсорів у пакування для моніторингу умов зберігання товарів під час транспортування. У найближчі роки очікується, що інноваційні технології дозволять значно знизити собівартість біорозкладного пакування, зробивши його доступнішим для масового використання у логістиці [7-8].

Ефективне впровадження біорозкладного пакування неможливе без розвинутої інфраструктури збору, сортування та переробки таких матеріалів. У багатьох країнах відсутні централізовані системи для компостування або промислового біологічного розкладання. Це створює серйозний виклик для утилізації біорозкладного пакування, навіть якщо воно відповідає всім екологічним стандартам. Для вирішення цієї проблеми необхідно розробити стандартизовані системи збору відходів, забезпечити їх сортування на рівні домогосподарств та промислових підприємств, а також будувати компостні заводи з високотехнологічним обладнанням. Крім того, важливо впроваджувати освітні програми, що підвищуватимуть обізнаність громадськості щодо правильного поводження з біорозкладними матеріалами. Логістичні підприємства, у свою чергу, можуть відігравати активну роль, інтегруючи у свої операції системи збирання та повернення біопакування для вторинного використання або компостування.

Міжнародне співробітництво також є важливим фактором для успішного впровадження біорозкладного пакування у логістиці на глобальному рівні. Країни з розвинутою екологічною політикою, такі як

Німеччина, Швеція та Нідерланди, вже досягли значного прогресу у впровадженні біорозкладних матеріалів у логістичні процеси. Їхній досвід може бути корисним для інших держав, що лише на початкових етапах переходу до стійких логістичних рішень. Міжнародні форуми, конференції та ініціативи створюють платформи для обміну знаннями та кращими практиками у сфері біорозкладного пакування. Також важливим кроком є розробка єдиних міжнародних стандартів для біорозкладних матеріалів, що полегшить їх використання у глобальних ланцюгах поставок.

Висновки. Отже, перспективи впровадження

біорозкладного пакування у логістиці залежать від інноваційних технологій, розвитку інфраструктури та ефективного міжнародного співробітництва. Інновації забезпечать створення більш стійких і доступних матеріалів, сучасна інфраструктура дозволить забезпечити їх правильне використання та утилізацію, а міжнародна співпраця сприятиме гармонізації стандартів і прискоренню впровадження біопакування у глобальні логістичні процеси. Для досягнення цих цілей необхідні комплексні підходи, державна підтримка та активна участь бізнесу у впровадженні сталих рішень.

Список використаних джерел:

1. Michaliszyn-Gabryś B., Krupanek J., Kalisz, & M., Smith, J. (2022). Challenges for Sustainability in Packaging of Fresh Vegetables in Organic Farming. *Sustainability*, No. 14. Pp. 5346. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095346>.
2. Гавриленко О.М., Плішивий Б.М. (2023). Світові тенденції розвитку ринку біорозкладних пакувальних матеріалів. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, № 47. С. 160-165. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-47-28>.
3. Biodegradable Packaging Market Snapshot (2022-2032). URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/biodegradablepackaging-market>.
4. Biodegradable Packaging Market Size, Growth, Report 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/biodegradable-packaging-market>.
5. Адамів С.С. (2022). Екологічна безпека упаковки для харчових продуктів. *International scientific journal «Grail of Science»*, № 14-15. С. 308-311.
6. Речун О.Ю., Ткачук В.В. (2022) Використання біорозкладних полімерів та антимікробних пакувальних матеріалів у пакуванні харчових продуктів. *Товарознавчий вісник*, Вип. 15. С. 274-285.
7. De Luca, S. Milanese, D. Gallichi-Nottiani, D. Cavazza, & A. Sciancalepore, C. (2023). Poly(lactic acid) and Its Blends for Packaging Application: A Review. *Clean Technol*, No. 5. Pp. 1304-1343. DOI: <https://doi.org/10.3390/cleantechnol5040066>.
8. Що таке біорозкладна упаковка? (2024). Unuocosmetics. URL: https://www.unuocosmetics.com/uk/what-is-biodegradable-packaging.html?utm_source=chatgpt.com.

References

1. Michaliszyn-Gabryś B., Krupanek J., Kalisz M., & Smith J. (2022). Challenges for Sustainability in Packaging of Fresh Vegetables in Organic Farming. *Sustainability*, No. 14, Pp. 5346. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14095346>. [in English].
2. Havrylenko O.M., Plishyvyi B.M. (2023). Svitovi tendentsii rozvytku rynku biorozkladnykh pakuvalnykh materialiv [Global trends in the development of the biodegradable packaging materials market]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, No. 47. Pp. 160-165. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2023-47-28>. [in Ukrainian].
3. Biodegradable Packaging Market Snapshot (2022-2032). Retrieved from: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/biodegradablepackaging-market>. [in English].
4. Biodegradable Packaging Market Size, Growth, Report (2023-2032). Retrieved from: <https://www.precedenceresearch.com/biodegradable-packaging-market>. [in English].
5. Adamiv S.S. (2022) Ekolohichna bezpeka upakovky dlia kharchovykh produktiv [Environmental safety of food packaging]. *International scientific journal «Grail of Science»*, No. 14-15. Pp. 308-311. [in Ukrainian].
6. Rechun O.Iu., Tkachuk V.V. (2022) Vykorystannia biorozkladnykh polimeriv ta antimikrobnnykh pakuvalnykh materialiv u pakuvanni kharchovykh produktiv [The use of biodegradable polymers and antimicrobial packaging materials in food packaging]. *Commodity Bulletin*, No. 15. Pp. 274-285. [in Ukrainian].
7. De Luca, S. Milanese, D. Gallichi-Nottiani, D. Cavazza, & A. Sciancalepore, C. (2023). Poly(lactic acid) and Its Blends for Packaging Application: A Review. *Clean Technol*. No. 5. Pp. 1304-1343. DOI: <https://doi.org/10.3390/cleantechnol5040066>. [in English].
8. Shcho take biorozkladna upakovka? [What is biodegradable packaging?]. Unuocosmetics. (2024). Retrieved from: https://www.unuocosmetics.com/uk/what-is-biodegradable-packaging.html?utm_source=chatgpt.com. [in English].