

ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ У ВИРОБНИЧИХ ГАЛУЗЯХ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ: ГЛОБАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ

©2024 ШКУРАТ М. Є., ЛОЗІНСЬКИЙ А. В.

УДК 338.45:658.5:502.131.1

JEL Classification: F64; L60; M11; O33; Q56

Шкурат М. Є., Лозінський А. В.

Трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки: глобальні тенденції

У статті висвітлено значення циркулярної економіки як стратегічного напрямку сталого розвитку, що забезпечує зменшення відходів і раціоналізацію використання ресурсів у виробничих галузях. Метою дослідження є аналіз трансформаційних процесів у виробничих галузях у контексті впровадження принципів циркулярної економіки, визначення глобальних тенденцій та формування рекомендацій для підвищення екологічної стійкості й економічної ефективності виробничих систем. Актуальність теми зумовлена зростаючими екологічними викликами та необхідністю переходу від традиційної лінійної моделі економіки до циркулярних підходів, які сприяють зменшенню відходів і ефективнішому використанню ресурсів. Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання: аналіз обсягів утворення відходів у світовій економіці та поводження з ними у різних країнах; визначення сучасних підходів і методів впровадження принципів циркулярної економіки у виробничі процеси; аналіз досвіду успішних країн і компаній у реалізації циркулярних моделей; розробка рекомендацій для підприємств щодо інтеграції циркулярних принципів у виробничі галузі. У роботі досліджено інноваційні рішення, такі як переробка та повторне використання відходів у паливно-енергетичному комплексі, металургії, будівництві, електротехнічній та легкій промисловості, роздрібній торгівлі, агропромислому та лісопромислому комплексах. Зокрема, було вивчено реалізацію промислового симбіозу, урбан майнінгу для вилучення металів з міських відходів, використання відновлюваних матеріалів. Проаналізовано впровадження технологій очищення газу та відновлення коралових рифів, створення збірної та оборотної тари для зменшення споживання пластику. Розглянуто моделі спільного використання одягу, системи ефективно переробки текстильних відходів, а також сертифікаційні процедури для лісозаготівель. Оцінено стимули для виробництва екологічної техніки. На основі проведеного аналізу розроблено рекомендації для підприємств, які включають детальний аналіз ресурсних потоків, інтеграцію екодузайну, налагодження систем зворотної логістики, впровадження інноваційних бізнес-моделей та розвиток партнерських відносин із зацікавленими сторонами. Також підкреслено важливість інвестування в навчання персоналу та розвиток корпоративної культури, орієнтованої на стійкість та інновації. Таким чином, дослідження демонструє потенціал циркулярної економіки у забезпеченні сталого розвитку виробничих галузей і підвищенні їх конкурентоспроможності на глобальному ринку.

Ключові слова: циркулярна економіка, екологічна стійкість, трансформаційні процеси, переробка відходів, інноваційні рішення, сталий розвиток.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-4-44-55>

Рис.: 7. Бібл.: 37.

Шкурат Марія Євгенівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри міжнародних економічних відносин, Донецький національний університет імені Василя Стуса (вул. 600-річчя, 21, Вінниця, 21021, Україна)

E-mail: m.shkurat@donnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-2507>

Лозінський Артем Васильович – аспірант кафедри міжнародних економічних відносин, Донецький національний університет імені Василя Стуса (вул. 600-річчя, 21, Вінниця, 21021, Україна)

E-mail: a.lozinskyi@donnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8942-3250>

UDC 338.45:658.5:502.131.1

JEL Classification: F64; L60; M11; O33; Q56

Shkurat M. Ye., Lozinskyi A. V. Transformational Processes in Production Industries under the Conditions of Circular Economy Development: Global Trends

The article highlights the importance of the circular economy as a strategic direction of sustainable development, which ensures the reduction of waste and rationalization of the use of resources in production industries. The aim of the study is to analyze transformation processes in production industries in the context of implementing the principles of circular economy, identifying global trends and forming recommendations for improving environmental sustainability and economic efficiency of production systems. The relevance of the topic is due to the growing environmental challenges and the need to move from the traditional linear model of the economy to circular approaches that contribute to reducing waste and using resources more efficiently. To achieve this goal, the following objectives are solved: analysis of the volume of waste generation in the world economy and waste management in different countries; determination of modern approaches and methods of introducing the principles of circular economy into production processes; analysis of the experience of successful countries and companies in the implementation of circular models; development of recommendations for enterprises on the integration of circular principles in manufacturing industries. The

article explores innovative solutions, such as recycling and reuse of waste in the fuel and energy complex, metallurgy, construction, electrical and light industry, retail, agro-industrial and timber industries. In particular, the implementation of industrial symbiosis, urban mining for the extraction of metals from urban waste, and the use of renewable materials were studied. The implementation of technologies for gas purification and restoration of coral reefs, the creation of prefabricated and reusable containers to reduce plastic consumption has been analyzed. Models of clothing sharing, systems for efficient recycling of textile waste, as well as certification procedures for logging are considered. Incentives for the production of ecological machinery are estimated. Based on the carried out analysis, recommendations for enterprises have been developed, which include a detailed analysis of resource flows, integration of ecodesign, establishment of reverse logistics systems, implementation of innovative business models and development of partnerships with stakeholders. The importance of investing in staff training and the development of a corporate culture focused on sustainability and innovation is also emphasized. Thus, the study demonstrates the potential of the circular economy in ensuring the sustainable development of manufacturing industries and increasing their competitiveness in the global market.

Keywords: circular economy, environmental resilience, transformation processes, waste recycling, innovative solutions, sustainable development.

Fig.: 7. **Bibl.:** 37.

Shkurat Mariia Ye. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of International Economic Relations, Vasyl Stus Donetsk National University (21 600-richchia Str., Vinnytsia, 21021, Ukraine)

E-mail: m.shkurat@donnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3263-2507>

Lozinskyi Artem V. – Postgraduate Student of the Department of International Economic Relations, Vasyl Stus Donetsk National University (21 600-richchia Str., Vinnytsia, 21021, Ukraine)

E-mail: a.lozinskyi@donnu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8942-3250>

Вступ. Сучасні глобальні екологічні виклики, зумовлені стрімким виснаженням природних ресурсів і зростанням обсягів промислових відходів, вимагають впровадження нових виробничих підходів, орієнтованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля. У цьому контексті концепція циркулярної економіки (ЦЕ), що пропонує перехід від лінійної моделі до циклічних систем, спрямованих на багаторазове використання матеріалів і енергії, набуває все більшої актуальності. Отже, циркулярна економіка не лише сприяє збереженню ресурсів, але й стимулює виробничі галузі до технологічної модернізації, перегляду існуючих бізнес-моделей та адаптації управлінських підходів, створюючи основу для сталого розвитку.

Загалом трансформаційні процеси у виробничих галузях у контексті розвитку циркулярної економіки є предметом значного наукового інтересу. Так, серед зарубіжних дослідників, які вивчали вплив циркулярної економіки на виробничі галузі, слід зазначити К. Вебстера [1], який аналізує системні зрушення, необхідні для переходу до ЦЕ, акцентуючи увагу на інтеграції стійких практик у промислові процеси. Своєю чергою, П. Лейсі та Я. Рутквіст [2] досліджують економічні вигоди, які можуть отримати підприємства, впроваджуючи циркулярні стратегії, демонструючи, як відходи можуть бути трансформовані у цінність через інноваційні практики. Крім того, Фонд Еллен Макартур (Ellen MacArthur Foundation, EMF) [3] відіграє ключову роль у просуванні глобального розуміння принципів циркулярної економіки, надаючи практичні рамки для галузей з метою стійкого переосмислення виробничих систем.

Слід зазначити, що вітчизняні науковці також зробили вагомий внесок у розвиток цього напрямку досліджень. Так, М. Руда та Я. Мирка [4] досліджують досвід Європейського Союзу у сфері циркулярної економіки та розвивають теоретико-прикладні положення щодо перспектив впровадження циркулярних бізнес-моделей в Україні. Є. Беспалий [5] ж вивчає технологічні інновації, що забезпечують

реалізацію циркулярного виробництва. Л. Сергієнко [6] обґрунтовує необхідність розвитку державно-приватного партнерства в напрямі реалізації проектів циркулярної економіки.

Проте, незважаючи на значний обсяг досліджень цієї проблематики, постає необхідним поглиблений аналіз механізмів трансформації виробничих галузей у напрямі реалізації принципів циркулярної економіки та комплексна оцінка ефективності інноваційних технологій переробки і повторного використання ресурсів.

Метою дослідження є вивчення та аналіз трансформаційних процесів у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки та розробка рекомендацій для підвищення екологічної стійкості і економічної ефективності виробничих систем.

Для досягнення поставленої мети під час дослідження було вирішено *такі завдання*:

- досліджено загальні обсяги утворення відходів у світовій економіці, проаналізовано показники утворення та поводження з відходами у різних країнах світу;
- визначено сучасні підходи та методи впровадження принципів циркулярної економіки у виробничі процеси;
- проаналізовано досвід успішних країн та компаній у реалізації циркулярних моделей у виробничих галузях;
- розроблено рекомендації для підприємств щодо впровадження циркулярних принципів у виробничі галузі, спрямовані на підвищення конкурентоспроможності та стійкості національної економіки.

Методологічну основу дослідження склали загальнонаукові та спеціальні методи, які дозволяють комплексно вивчити трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки. Застосовано

методи статистичного аналізу для оцінки обсягів утворення відходів у глобальному масштабі та визначення секторів економіки з найбільшим рівнем відходоутворення, зокрема будівельного сектора. Використано методи порівняльного аналізу для дослідження показників утворення та поводження з відходами у різних країнах світу, що дозволило виявити ефективні практики управління відходами. Метод системного аналізу застосовано для виявлення взаємозв'язків між економічними, екологічними та соціальними аспектами циркулярної економіки у контексті виробничих галузей. Використано методи економічного аналізу та синтезу для оцінки впливу впровадження циркулярних практик на ефективність виробничих систем. Для узагальнення та інтерпретації отриманих даних застосовано методи індукції та дедукції.

Результати. У сучасних умовах системної кризи світового господарства циркулярна економіка (ЦЕ) виступає як стратегічний підхід, спрямований на подолання обмежень традиційної лінійної моделі економіки. За даними Circle Economy Foundation, глобальної організації впливу, заснованої у 2011 році як кооператив, світове населення споживає понад 100 мільярдів тонн матеріалів щорічно (рис. 1), причому більшість видобутих і використаних матеріалів стають відходами.

Окрім того, згідно з останнім звітом організації, частка повторного використання матеріалів у світовій економіці знизилася до 7,2 % порівняно з 9,1 % у 2018 році, що свідчить про поглиблення проблеми [7].

Найбільші обсяги відходів утворюються в будівельному секторі – близько 10,5 млрд тонн щорічно, що стано-

Світовий видобуток, млрд т

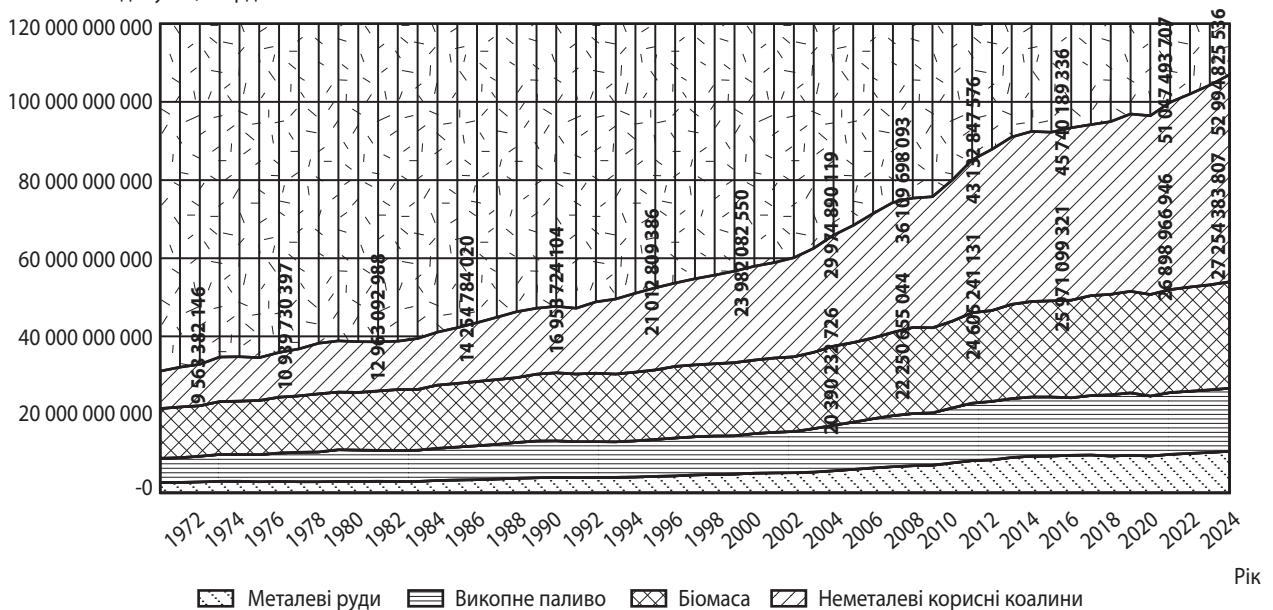


Рис. 1. Світовий видобуток матеріалів за категоріями

Джерело: побудоване авторами на основі [9]

вить 30 % від загального обсягу відходів. Це обумовлено стрімким зростанням попиту на будівельні матеріали, зокрема нерудні корисні копалини, такі як пісок і гравій, видобуток яких за останні 20 років збільшився втричі. Промислові відходи займають друге місце за обсягом, становлячи 9,8 млрд тонн на рік, або 28 % від загального обсягу відходів у світі.

За даними Всесвітньої продовольчої програми ООН, втрати продовольства та харчові відходи досягають 1,3 млрд тонн на рік, що дорівнює третині всіх вироблених харчових продуктів [7]. Окрім того, згідно з даними OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), щороку утворюється 353 млн тонн пластикових відходів, з яких 40 % припадає на упаковку, а 12 % – на споживчі товари [8].

Електротехнічні відходи є одним із найбільш швидкозростаючих видів відходів. За даними Global E-Waste Monitor, у 2022 році обсяг таких відходів становив 62 млн

тонн, що на 82 % більше порівняно з 2010 роком. Текстильна промисловість також значно впливає на обсяги відходів, генеруючи щороку близько 92 млн тонн. Виробництво текстилю на душу населення зросло у 2,2 разу за період з 1975 по 2018 роки, що пов'язано з концепцією «швидкої моди» та скороченням життєвого циклу одягу [10]. Проте слід зазначити, що загалом дані щодо світових відходів різняться від джерела до джерела через різні методи оцінки.

Аналізуючи показники утворення та поводження з відходами у різних країнах світу, можна зазначити, що існують значні відмінності в ефективності національних систем управління відходами та ступені впровадження принципів циркулярної економіки (рис. 2).

Так, Данія має найвищий показник утворення відходів – 845 кг на одного жителя, з яких 35,6 % переробляється. Значна частина відходів спалюється (382 кг), що вказує на використання енергетичної утилізації. Південна Корея

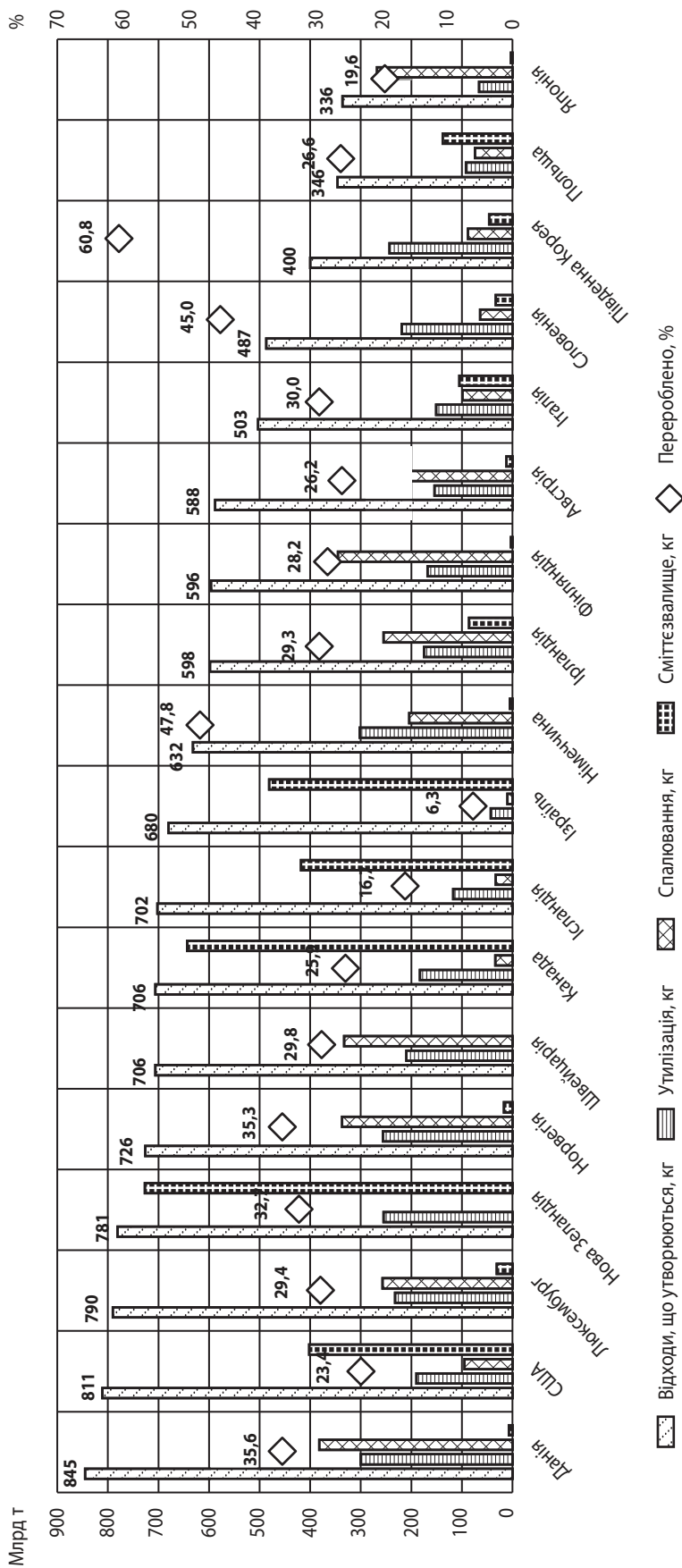


Рис. 2. Показники утворення та поводження з відходами у країнах світу, 2022 р., кг на одного жителя (ліва шкала), % переробки (права шкала)

Джерело: побудоване авторами на основі [11]

відзначається найвищим рівнем переробки – 60,8 % при утворенні 400 кг відходів на жителя [11]. США та Нова Зеландія мають високі показники утворення відходів – 811 кг та 781 кг відповідно, але низькі відсотки переробки (23,4 % та 32,7 %). Так, більша частина відходів у цих країнах заховується на сміттєзвалищах. Німеччина ж демонструє високий рівень переробки – 47,8 % при утворенні 632 кг відходів на жителя, завдяки розвиненій інфраструктурі та ефективним екологічним стратегіям [11].

Враховуючи вищезазначене, найбільший глобальний ефект може бути досягнутий шляхом впровадження циркулярних рішень у виробничі цикли та управління відходами в паливно-енергетичному комплексі, металургії, будівництві, електротехнічній та легкій промисловості, роздрібній торгівлі, агропромислового та лісопромислового комплексу.

За оцінками Circle Economy Foundation, об'єднання ініціатив з переходу до циркулярної економіки в кожній з цих сфер може призвести до скорочення видобутку первинної сировини на 34 % – з 92,7 млрд тонн до 61,2 млрд тонн [7], що підкреслює потенціал циркулярної економіки у зменшенні екологічного навантаження та сприянні сталому розвитку.

Розглянемо більш детально глобальні тенденції розвитку циркулярної економіки у зазначених галузях. Так, паливно-енергетичний комплекс на сьогодні більш ніж на 80 % залежить від викопного палива (рис. 3), а діяльність, пов'язана з його видобутком, переробкою, транспортуванням та виробництвом енергії, призводить до утворення значних обсягів відходів, забруднення води і викидів парникових газів.

Світове виробництво електроенергії, ТВт·год

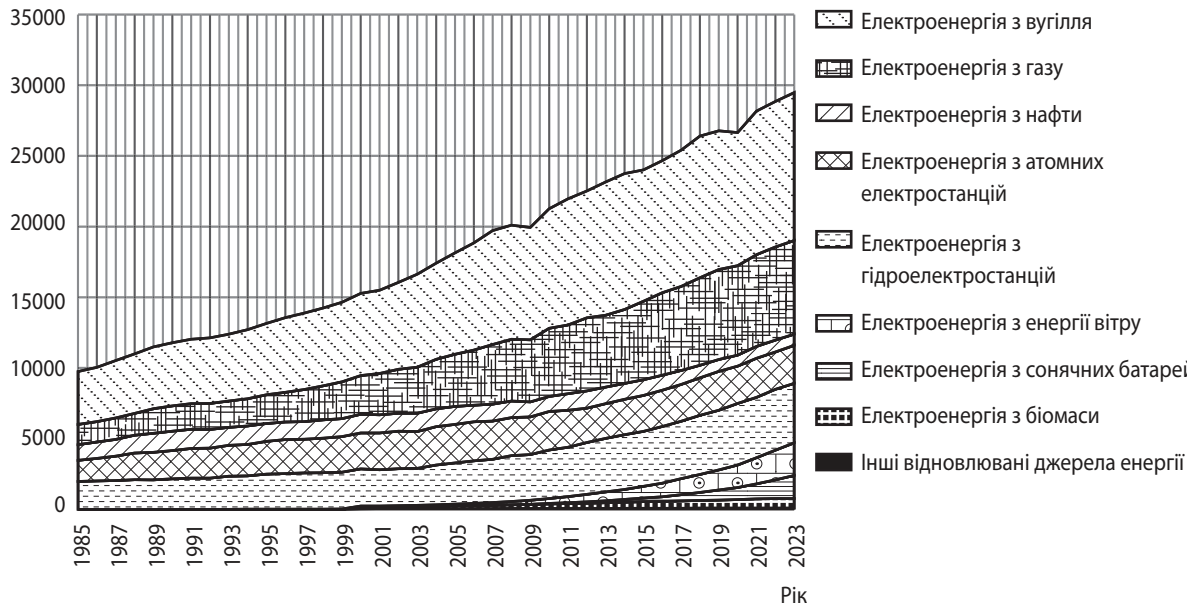


Рис. 3. Світове виробництво електроенергії за джерелами

Джерело: побудоване авторами на основі [12]

З огляду на зазначене, принципи економіки замкнутого циклу повинні інтегруватися вже на етапі проектування нових енергетичних інфраструктурних об'єктів і протягом усього їх життєвого циклу, включно з утилізацією та виведенням з експлуатації.

Сьогодні підприємства паливно-енергетичного комплексу починають суттєво сприяти розвитку циркулярної економіки шляхом підвищення енерго- та ресурсоефективності своїх процесів, а також через створення «промислового симбіозу» на всіх етапах технологічного ланцюга. Так, відходи від спалювання викопного палива спрямовуються на переробку та повторне використання, поки світ не перейшов до повної відмови від цієї практики. Одним із прикладів інноваційних рішень є використання золошлакових відходів (ЗШО) в господарському обігу. У Великій Британії компанія High Speed Two (HS2) Limited використовує золу виносу і доменні шлаки в будівництві залізничних станцій,

що дозволяє суттєво знизити викиди CO₂ та утилізувати значні обсяги вторинних матеріалів [13].

Крім того, варто зазначити успішні приклади використання побічних продуктів нафтопереробної промисловості. У Данії на заводі Kalundborg Refinery A/S залишки процесу сірковидалення використовуються для виробництва добрив, що дозволяє значно скоротити викиди сірки [14]. Окрім того, у США компанія Shell працює над зменшенням обсягів спалюваного метану, використовуючи технології очищення газу, що дозволило скоротити обсяги утилізації метану на 32 тонни за один рік [15].

Наступною слід розглянути металургійну промисловість, яка характеризується значним екологічним навантаженням через великі обсяги відходів й високе споживання енергетичних ресурсів. У процесі гірничодобувної діяльності утворюються значні обсяги відходів, маса яких може в десятки або мільйони разів перевищувати кількість

цінного елемента. Окрім того, подальші етапи, зокрема гідрометалургійні, пірометалургійні та електрометалургійні процеси, супроводжуються утворенням відходів, які часто є токсичними та становлять загрозу для довкілля і здоров'я населення.

Саме тому все частіше відходи гірничодобувної та металургійної промисловості знаходять застосування не лише в межах власного виробництва, а й в інших секторах економіки. Окрім того, за даними World Steel Association, переробка однієї тонни сталі дозволяє зекономити 1 400 кг залізної руди, 740 кг вугілля та 120 кг вапняку, що значно знижує екологічний слід металургійної галузі [16].

Окрему увагу варто звернути на приклади використання циркулярних рішень на підприємствах металургійної галузі. Зокрема, компанія JFE Steel у Японії розробила технологію відновлення коралових рифів за допомогою карбонізованого блоку Marine Block з доменного і сталеплавильного шлаку. Так, цей блок слугує основою для пересадки коралів за відсутності відповідної поверхні морського дна [17].

Ще однією тенденцією є впровадження концепції урбан майнінгу, що передбачає вилучення металів із міських відходів для їх повторного використання в металургійних процесах. Прикладом є діяльність компанії Hydro, що розташована в Норвегії та виробляє алюміній із вторинної сировини під брендом Hydro CIRCAL [16].

Будівельний комплекс є одним із найбільших споживачів природних ресурсів, використовуючи близько 30 % їх світового обсягу та утворюючи приблизно третину всіх відходів у світі. Так, за даними Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP) та Міжнародної енергетичної агенції (IEA), будівельний сектор і нерухомість складають 39 % загальних викидів CO₂ у світі [18]. Важливим аспектом є й те, що під час проєктування рідко враховується можливість утилізації матеріалів після завершення життєвого циклу будівель, а вже утворені відходи будівництва та знесення мають низький рівень повторного використання.

Таким чином, однією з ключових тенденцій у будівельному секторі є використання відновлюваних та екологічних матеріалів. Наприклад, дерево, яке на 100 % підлягає утилізації, має теплоізоляційні властивості в 12 разів вищі, ніж у бетону, і в 350 разів вищі, ніж у сталі. Використання деревини також допомагає зменшити вуглецевий слід будівництва [18]. Окрім того, сучасні технології дозволяють суттєво зменшити потребу в будівельних матеріалах під час модернізації існуючих об'єктів, скорочуючи їхню потребу в 40–80 разів порівняно з новим будівництвом [18].

Відомі приклади циклічних рішень відображають успішні бізнес-моделі в цій галузі. Так, Royal BAM Group в Нідерландах впровадила використання збірних дерев'яних елементів, що дозволяє їх легко розбирання та повторне використання. Ця ініціатива призвела до зниження викидів CO₂ на 38 % та збереження 20 % залишкової вартості будівельних матеріалів наприкінці їх життєвого циклу [19]. Інший приклад – група європейських етичних банків Trifodos, яка спроектувала офіс із можливістю демонтажу та повторного використання компонентів. У конструкції використано 165 тис. гвинтів, а всі матеріали зареєстровані

на платформі Madaster для забезпечення їх доступності та простоти відстеження [20].

Електротехнічна галузь вирізняється інтенсивним зростанням, що зумовлено як постійним збільшенням попиту на електроніку, так і розвитком нових технологій (що є закономірним процесом). Так, у 2023 році обсяг світового ринку побутових електронних пристроїв досяг 8,6 млрд одиниць, а до 2028 року прогнозується зростання ринку смартфонів на 6,17 % [21]. Проте це зростання супроводжується і суттєвим підвищенням обсягів електронних відходів, яких у 2022 році утворилось 62 млрд кг (еквівалентно в середньому 7,8 кг на душу населення на рік). Основним чинником такого зростання є постійне розширення ринку електронних пристроїв, що перетворює цей сегмент на найшвидше зростаючий сегмент відходів (рис. 4). Окрім того, лише 22,3 % залишків підлягають контрольованій утилізації, що створює значні екологічні та економічні ризики через вміст токсичних компонентів (рис. 4) [21].

Таким чином, застосування принципів циркулярної економіки в електротехнічній промисловості стає все більш необхідним. Значний потенціал у цьому напрямі має утилізація кольорових, дорогоцінних і рідкісноземельних металів, що містяться у електронних відходах. Так, у 2022 році такі залишки містили 31 млрд кг металів, з яких приблизно 19 млрд було відновлено та повернено в обіг. Найбільш ефективно можна було переробити залізо завдяки його високим показникам рециркуляції, тоді як для цинку та свинцю рівні відновлення були значно нижчими. Дорогоцінних металів було менше, але їх вдалося відновити близько 300 тисяч кілограмів [22].

Наступною важливою тенденцією є інформування споживачів про ремонтпридатність і відновлення техніки. Наприклад, у Франції введено індекс ремонтпридатності, що оцінює можливість відновлення виробу за низькою критеріїв, таких як наявність інструкцій з використання, документації, можливості розбирання та доступність запчастин. Це дозволяє покупцям свідоміше обирати продукцію, яка підлягає подальшому ремонту, стимулюючи тим самим відповідальне споживання.

Важливу роль також відіграють і стимули для виробництва екологічної техніки. Так, у Швеції запроваджено податкові пільги розміром від 50 % до 90 % для компаній, що використовують безпечні матеріали та уникають небезпечних хімічних речовин у своїй продукції ресурсів [23]. Це сприяє впровадженню сталих рішень у процеси виробництва електроніки та мінімізації шкідливого впливу на навколишнє середовище. Продовжуючи дослідження, варто зосередити увагу на роздрібній торгівлі, сучасний розвиток якої супроводжується зростанням обсягів використання пакувальних матеріалів, що значною мірою пов'язано з активізацією інтернет-торгівлі.

Відомо, що пластик є домінуючим матеріалом для пакування завдяки його легкій вазі, високій міцності та гнучкості у застосуванні. Так, глобальний ринок пластикової упаковки у 2022 році оцінювався у понад 265 млрд доларів США.

Найбільші обсяги пластику використовують такі транснаціональні корпорації, як Coca-Cola, PepsiCo, Nestlé та Unilever (рис. 5) [24].

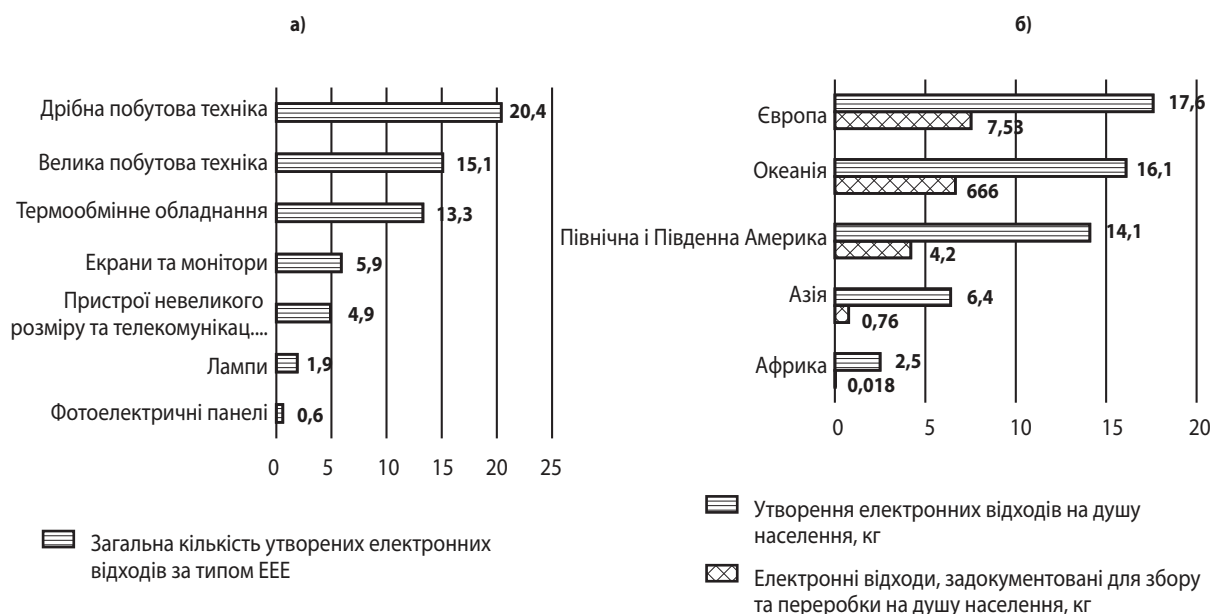


Рис. 4. а) Загальна кількість утворених електронних відходів за типом електричного та електронного обладнання (ЕЕЕ), 2022 р., млрд кг; б) Кількість утворених та зібраних електронних відходів, 2022 р., кг на душу населення

Джерело: побудоване авторами на основі [22]

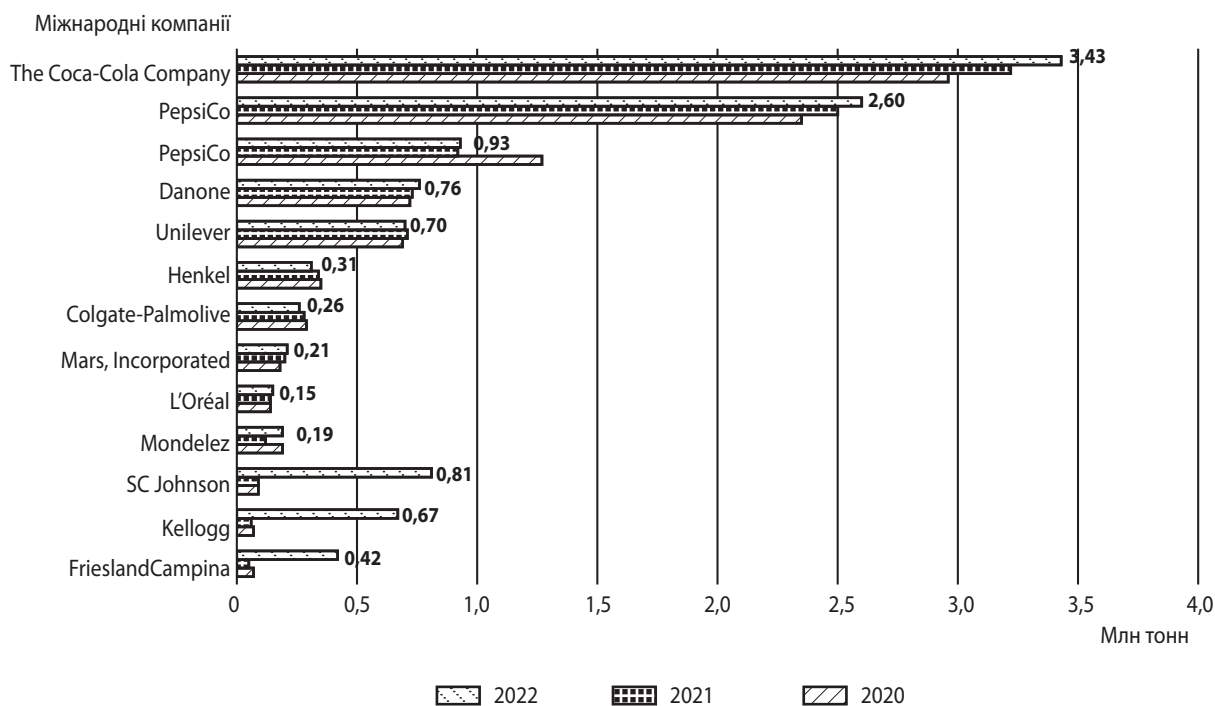


Рис. 5. Річний обсяг пластикової упаковки, що використовується міжнародними компаніями, 2020–2022 рр., млн тонн

Джерело: побудоване авторами на основі [24]

З огляду на ці виклики, підприємства починають впроваджувати інноваційні підходи, що відповідають принципам циркулярної економіки. Серед прикладів таких рішень – розробка нових матеріалів. Так, американська компанія Ecovative Design виробляє пакування з міцелію та рослинних стебел, яке розкладається за 30 днів і вже використовується такими корпораціями, як IKEA та Dell [25]. Гонконгська ком-

панія Invisible ж пропонує водорозчинні та біорозкладні пакети на основі полівінілового спирту, рослинного крохмалю та гліцерину, які розчиняються у воді при температурі понад 80 °C та придатні для компостування [26].

Наступна тенденція – використання власної тари, яка набуває поширення як у побуті, так і в громадських просторах. Наприклад, Unilever запровадила технологію

Cif esorefill, що дозволяє споживачам багаторазово наповнювати флакони мийних засобів, зменшуючи споживання пластику на 75 % та запобігаючи виробництву 1,5 млн пластикових пляшок у Великій Британії [27]. Оборотна тара також стає ключовим елементом у моделі циркулярної економіки. Так, компанія Loor організовує збір та повторне використання упаковки у співпраці з мережами Carrefour, Walmart та Coca-Cola [28].

Ще одним напрямом дослідження є легка промисловість, яка демонструє стабільне зростання, зумовлене високим попитом на текстильні вироби та активним розширенням ринку одягу. Так, у 2023 році обсяг глобального ринку текстилю досягнув 1,027 трлн доларів США, і, за прогнозами, до 2032 року він зросте до 1,445 трлн доларів зі щорічним приростом на 3,8 % [29]. Та попри економічну значущість галузі, вона характеризується значними екологічними викликами. Щороку на виробництво текстильних виробів витрачається 98 млн тонн невідновлюваних матеріалів, а обсяг текстильних відходів у світі досягає 92 млн тонн на рік [29].

Проте сьогодні все ж наявні приклади успішного впровадження практик циркулярної економіки в легкій промисловості. Так, можна виділити два ключові напрями: моделі спільного використання одягу (шерінг одягу, ресейл нового та вживаного одягу приватними особами та компаніями) та удосконалення системи збору та інфраструктури переробки відходів текстилю.

Одним із прикладів першого напрямку є компанія Rent the Runway (США), яка надає можливість оренди та

підписки на комплекти одягу, що дозволяє економити 24 % води, 6 % енергії та 3 % викидів парникових газів на один предмет. Так, за десять років роботи ця модель компанії може замінити виробництво 1,3 млн одиниць нових виробів [30]. Важливою тенденцією також є зростання популярності секонд-хенду: у 2022 році кожна третя покупка одягу в США припадала на цей сегмент, і прогнозується, що до 2027 року обсяг ринку секонд-хенду зросте до 350 млрд доларів, майже подвоївшись [29].

Другий напрям зосереджений на підвищенні ефективності переробки текстилю. Так, компанія Recover Fiber в Іспанії переробляє текстильні відходи у бавовняне волокно, що дозволяє заощадити на кожен кілограм матеріалу понад 2000 літрів води та зменшити викиди CO₂-екв. на 1,73 кг [31]. Нідерландська ж компанія MUD Jeans виробляє джинси, які на 40 % складаються з переробленого деніму.

Розглядаючи подальші аспекти економіки замкнутого циклу, варто зосередитися й на агропромисловому комплексі (АПК). Як свідчать дані Програми ООН з довкілля (UNEP), у 2022 році обсяг втрат продовольчих товарів становив 1,05 млрд тонн, що еквівалентно 19 % загального обсягу продуктів, доступних для споживачів. Основну частку цих втрат – 631 млн тонн (60 %) – генерують домогосподарства, тоді як сектор громадського харчування та роздрібною торгівлі виробили 290 млн та 131 млн тонн відповідно (рис. 6) [32].

Так, на системному рівні окремі країни та міжурядові організації вже інтегрують принципи економіки замкну-

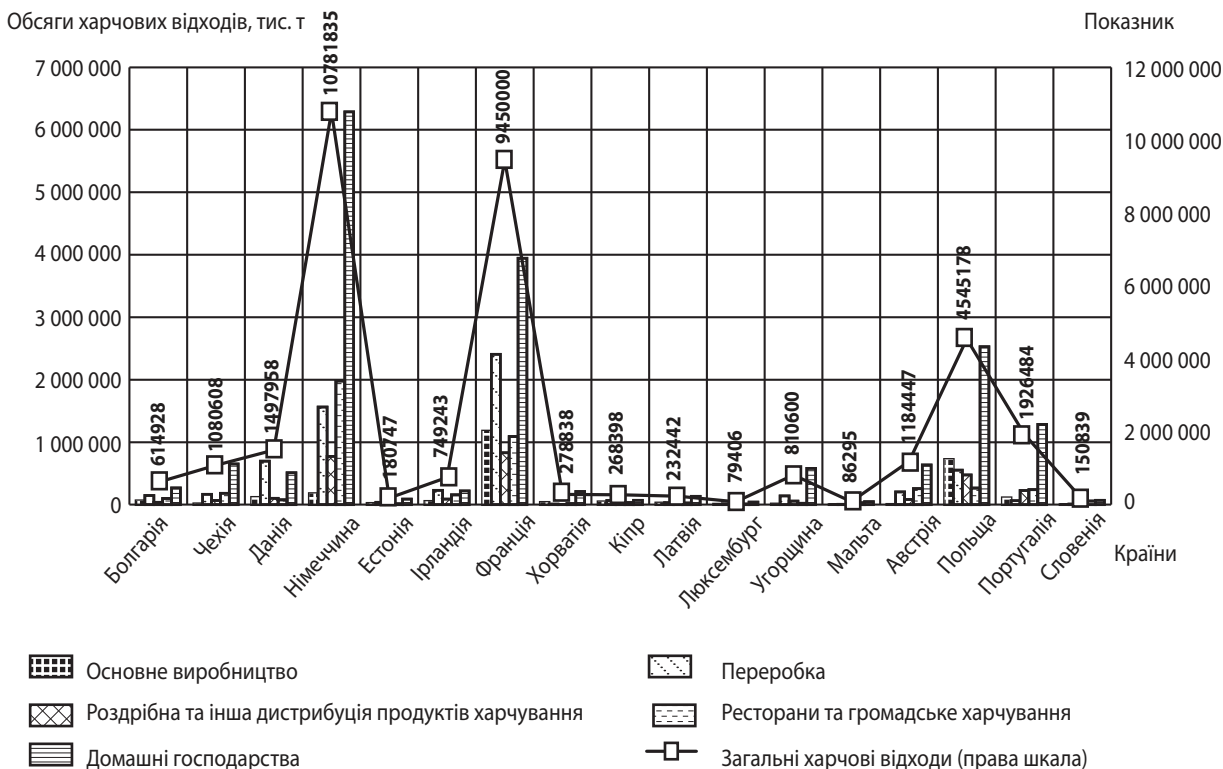


Рис. 6. Обсяги харчових відходів за секторами економічної діяльності, задекларовані країнами, 2022 р.

Джерело: побудоване авторами на основі [32]

того циклу в аграрний сектор. Наприклад, у Китаї в межах 14-ї п'ятирічки (2021–2025 рр.) реалізується модель «сільськогосподарства замкненого циклу», яка передбачає скорочення використання енергії та води на 13,5 % і 16 % відповідно та переробку 86 % сільськогосподарських залишків [33].

Свою чергою, Європейський Союз зосереджується на розвитку біоекономіки в рамках стратегії «Від ферми до виделки», яка є центральною частиною Європейської зеленої угоди. Так, ця стратегія орієнтована на здорову, екологічно безпечну продовольчу систему та передбачає зменшення використання штучних добрив на 20 % і скорочення втрат поживних речовин на 50 % до 2030 року [34].

Завершує огляд ключових галузей ліспромисловий комплекс, який забезпечує не лише сировинні ресурси для

промислового виробництва, а й виконує екологічні та соціальні функції, що є необхідними для сталого розвитку. Так, ліси зберігають вуглець, регулюють водний баланс територій та підтримують біорізноманіття, одночасно виступаючи джерелом деревини для різних промислових секторів.

Проте неефективне управління ресурсами цього комплексу призводить до значних екологічних втрат: за даними Forest Declaration Assessment, у 2023 році було втрачено від 5,4 до 6,4 млн га лісів, що вказує на збільшення площ вирубок порівняно з попереднім роком (рис. 7): знищення 2,6 млн га лісів із високим рівнем біорізноманіття, що перевищує показники 2022 року на 18 % [35].

Таким чином, однією з важливих тенденцій у подоланні зазначених проблем є впровадження сертифікацій-

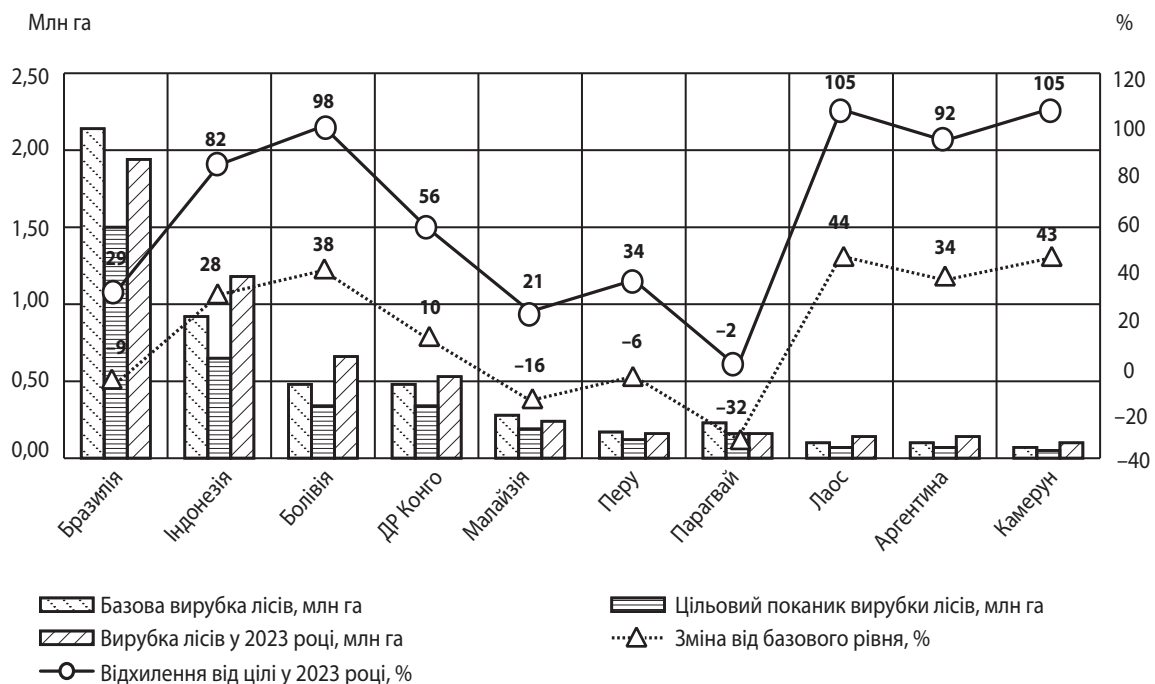


Рис. 7. Країни з найбільшими абсолютними площами вирубки лісів, 2023 р., млн га (ліва шкала), % (права шкала)

Джерело: побудоване авторами на основі [35]

них процедур для лісозаготівель. Такі ініціативи гарантують легальність походження деревини та її відповідність міжнародним екологічним стандартам, що підвищує прозорість лісового сектора та мінімізує ризики нелегальної вирубки лісів. Значну роль у цьому процесі відіграє Forest Stewardship Council (FSC) – міжнародна некомерційна асоціація, яка об'єднує представників екологічних та соціальних організацій, лісових компаній, торговців деревиною та сертифікаційних інституцій з різних країн [36].

Крім того, використання деревних відходів як джерела альтернативного білка відкриває нові можливості для агропромислового комплексу. Так, компанія Arbiom розробила технологію виробництва кормового білка з деревини для використання у виробництві кормів для риби, свиней та домашніх тварин, що зменшує залежність від традиційних джерел білка та знижує навантаження на сільськогосподарські ресурси [37]. Використання інноваційних тех-

нологій для переробки деревини є ще однією тенденцією, яка має на меті скорочення обсягів відходів та підвищення ефективності використання ресурсів.

Так, впровадження адаптаційних стратегій для деревних порід, розвиток бізнес-моделей повторного використання матеріалів та застосування інноваційних технологій формують сучасні тенденції розвитку галузі відповідно до вимог сталого розвитку.

Таким чином, для успішного впровадження циркулярних принципів у виробничі галузі підприємствам рекомендується здійснити комплекс заходів. *По-перше*, необхідно провести детальний аналіз ресурсних потоків для виявлення можливостей зменшення споживання сировини та енергії, оптимізації виробничих процесів та мінімізації відходів. *По-друге*, слід інтегрувати принципи екодизайну в процес розробки продукції, зосереджуючись на довговічності, ремонтпридатності та можливості по-

вторного використання виробів. *По-третє*, важливо налагодити систему зворотної логістики для збору, переробки та рециклінгу відходів виробництва та споживання, що сприятиме створенню замкнених циклів матеріалів. Крім того, підприємствам варто впроваджувати інноваційні бізнес-моделі, такі як продукт як послуга, лізинг або спільне використання ресурсів, які підвищують ефективність використання матеріалів та зменшують екологічний вплив. Також рекомендується розвивати партнерські відносини з постачальниками, клієнтами та іншими зацікавленими сторонами для створення синергетичних ефектів у ланцюгах постачання. Нарешті, важливо інвестувати в навчання персоналу та розвиток корпоративної культури, орієнтованої на стійкість та інновації, що забезпечить довгострокову конкурентоспроможність і екологічну відповідальність підприємства.

Висновки. Отже, сьогодні циркулярна економіка відіграє вирішальну роль у трансформаційних процесах виробничих галузей, спрямованих на подолання екологічних та ресурсних викликів сучасного світу. Глобальні тенденції демонструють зростання обсягів відходів у секторах будівництва, металургії, електротехніки та легкої промисловості, що вимагає впровадження принципів ЦЕ для зменшення екологічного навантаження та забезпечення сталого розвитку.

Проведене дослідження підтвердило, що успішне впровадження циркулярних рішень залежить від ефективного управління ресурсними потоками, розвитку інфраструктури для переробки відходів та інноваційних підходів у виробничих процесах. Особливо важливими є екодизайн, використання відновлюваних матеріалів та розвиток зворотної логістики, що підвищують рівень переробки та повторного використання матеріалів. Також необхідним є інвестування в навчання персоналу та розвиток стійкої корпоративної культури. Саме за таких умов можна створити гідну основу для формування конкурентоспроможного та екологічно орієнтованого бізнес-середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Webster K., Duff A. *Wonderful Circles of Oz: A Circular Economy Story*. Taylor & Francis Group. 2022.
2. Rutqvist J., Lacy P. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan, 2016.
3. Ellen MacArthur Foundation. *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. 2013. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
4. Руда М. В., Мирка Я. В. Циркулярні бізнес-моделі в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2020. № 2 (1). С. 107–121.
DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2020.01.107>
5. Беспалий Є. А. Перспективи та переваги інноваційного розвитку економіки України та формування економіки замкнутого циклу. *Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Економічні науки*. 2024. № 2 (74). С. 7–12.
DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/74-1>
6. Сергієнко Л. В. Взаємодія держави та бізнесу в забезпеченні реалізації державної політики циркулярної економіки. *Менеджер*. 2017. № 1 (74). С. 78–84.
7. CGR 2023. *The Circularity Gap Report, 2023*. URL: <https://www.circularity-gap.world/2023>
8. OECD. *Global Plastics Outlook, 2022*. URL: https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook_aa1edf33-en.html
9. The International Resource Panel. *Global Material Flows Database*. URL: <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-databas>
10. Global E-Waste Monitor, 2022. *Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling*: UN. URL: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>
11. Sensoneo. *Global Waste Index*. URL: <https://sensoneo.com/global-waste-index/>
12. Our World in Data. *Electricity production by source*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>
13. HS2 News and Information. *HS2 completes largest ever UK pour of carbon-reducing concrete on Euston station site*. URL: <https://mediacentre.hs2.org.uk/news/hs2-completes-largest-ever-uk-pour-of-carbon-reducing-concrete-on-euston-station-site>
14. Oil & Gas Journal. *Denmark refinery gets first-of-a-kind fertilizer plant*. URL: <https://www.ogj.com/home/article/17214973/denmark-refinery-gets-first-of-a-kind-fertilizer-plant>
15. Montgomery A., Kasaniya M., Zhao P., Thomas M., Peterson K. *The dam that fly ash built*. *Journal of Microscopy*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jmi.13248>
16. World Steel Association. *Steel – the permanent material in the circular economy*. Report, 2023 URL: <https://worldsteel.org/publications/bookshop/steel-permanent-circular-economy/>
17. Oyamada K., Okamoto M., Iwata I. *Development of Restoration Technology for Coral Reefs Using «Marine Block»*. JFE Technical Report, 2014. URL: <https://www.jfe-steel.co.jp/en/research/report/019/23.html>
18. UNEP, IEA. *Global Status Report for Buildings and Construction, 2019*. URL: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>
19. Royal BAM Group. *Circularity*. URL: <https://www.bam.com/en/sustainability/circularity>
20. Triodos Bank 2023 Annual Report. URL: <https://www.triodos.com/en/press-releases/2024/triodos-bank-delivers-meaningful-positive-change-and-strong-financial-performance-in-2023>
21. Statista. *Consumer electronics – statistics & facts, 2023*. URL: <https://www.statista.com/topics/4408/consumer-electronics/#topicOverview>
22. Baldé C. P. et al. *International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). 2024. Global E-waste Monitor 2024*. Geneva/Bonn. URL: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>
23. European Environmental Agency. *Waste prevention country, Sweden, 2023*. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries>
24. Statista. *Global plastic packaging industry – statistics & facts, 2023*. URL: <https://www.statista.com/topics/10136/plastic-packaging-industry-worldwide/#topicOverview>
25. Ecovative. *Our Mycelium Technology, 2023*. URL: <https://ecovative.com>
26. Invisible Company. *#INVISIBLEBAG Water Soluble Packaging*. URL: <https://www.invisible-company.com/?srsltid=AfmBOo09CEe0CPzxMY-xxZTRU2UDbdW4AZyusRVYq-DFJoXztQk1HTa9k>
27. Unilever. *Cif innovative at-home refill will remove 1.5 million plastic bottles from UK supermarkets, 2019*. URL: <http://surl.li/whxeq>

28. Loop. Designed for Reuse, 2023. URL: <https://www.loopforum.dk>

29. IMARC. Textile Market Report by Raw Material (Cotton, Chemical, Wool, Silk, and Others), Product (Natural Fibers, Polyesters, Nylon, and Others), Application (Household, Technical, Fashion and Clothing, and Others), and Region 2024-2032. URL: <https://www.imarcgroup.com/textile-market>

30. VogueBusiness. Rent the Runway plans for profitability following pandemic setback, 2023. URL: <https://www.voguebusiness.com/companies/rent-the-runway-plans-for-profitability-following-pandemic-setback>

31. RecoverTM Circular fashion production, 2023. URL: <https://recoverfiber.com/sustainability/circular-products>

32. UNEP – UN Environment Programme. Food Waste Index Report, 2024. URL: <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>

33. China Briefing News. China's Circular Economy: Understanding the New Five Year Plan. URL: <https://www.china-briefing.com/news/chinas-circular-economy-understanding-the-new-five-year-plan/>

34. European Commission. Food Safety. Farm to Fork Strategy. URL: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

35. Forest Declaration Dashboard. Conserve and restore forests and other terrestrial ecosystems. URL: <https://dashboard.forestdeclaration.org/article/conserv-and-restore-forests-and-other-terrestrial-ecosystems/>

36. Forest Stewardship Council. URL: <https://fsc.org/en>

37. Arbiom. SylPro. URL: <https://arbiom.com/sylpro-4/>

REFERENCES

"Arbiom. SylPro". <https://arbiom.com/sylpro-4/>
Balde, C. P. et al. "International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)". 2024. Global E-waste Monitor 2024. Geneva/Bonn. <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

Bespalyi, Ye. A. "Perspektyvy ta perevahy innovatsiinoho rozvytku ekonomiky Ukrainy ta formuvannya ekonomiky zamknutoho tsykladu" [Prospects and Advantages of the Innovative Development of the Economy of Ukraine and the Formation of a Closed Cycle Economy]. *Naukovi pratsi Mizhrehionalnoi Akademii upravlinnia personalom. Ekonomichni nauky*, no. 2(74) (2024): 7-12.
DOI: <https://doi.org/10.3268f9/2523-4536/74-1>

"China Briefing News. China's Circular Economy: Understanding the New Five Year Plan". <https://www.china-briefing.com/news/chinas-circular-economy-understanding-the-new-five-year-plan/>

"Ecovative. Our Mycelium Technology, 2023". <https://ecovative.com>

"Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition". 2013. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

"European Commission. Food Safety. Farm to Fork Strategy". https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

"European Environmental Agency. Waste prevention country, Sweden. 2023". <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries>

"Forest Declaration Dashboard. Conserve and restore forests and other terrestrial ecosystems". <https://dashboard.forestdecla->

[tion.org/article/conserv-and-restore-forests-and-other-terrestrial-ecosystems/](https://www.forestdeclaration.org/article/conserv-and-restore-forests-and-other-terrestrial-ecosystems/)

Forest Stewardship Council. <https://fsc.org/en>

"Global E-Waste Monitor, 2022. Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling: UN". <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

"HS2 News and Information. HS2 completes largest ever UK pour of carbon-reducing concrete on Euston station site". <https://mediacentre.hs2.org.uk/news/hs2-completes-largest-ever-uk-pour-of-carbon-reducing-concrete-on-euston-station-site>

"IMARC. Textile Market Report by Raw Material (Cotton, Chemical, Wool, Silk, and Others), Product (Natural Fibers, Polyesters, Nylon, and Others), Application (Household, Technical, Fashion and Clothing, and Others), and Region 2024-2032". <https://www.imarcgroup.com/textile-market>

"Invisible Company. #INVISIBLEBAG Water Soluble Packaging". <https://www.invisible-company.com/?srsltid=AfmBOoo9ECe0CPzxMY-xxZTRU2UDbdW4AZyusRVYq-DFJoXztQk1HTa9k>

"Loop. Designed for Reuse, 2023". <https://www.loopforum.dk>

Montgomery, A. et al. "The dam that fly ash built". *Journal of Microscopy* (2023). DOI: <https://doi.org/10.1111/jmi.13248>

"OECD. Global Plastics Outlook, 2022". https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook_aa1edf33-en.html

"Oil & Gas Journal. Denmark refinery gets first-of-a-kind fertilizer plant". <https://www.ogj.com/home/article/17214973/denmark-refinery-gets-first-of-a-kind-fertilizer-plant>

"Our World in Data. Electricity production by source". <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>

Oyamada, K., Okamoto, M., and Iwata, I. "Development of Restoration Technology for Coral Reefs Using «Marine Block»". JFE Technical Report, 2014. <https://www.jfe-steel.co.jp/en/research/report/019/23.html>

"RecoverTM Circular fashion production, 2023". <https://recoverfiber.com/sustainability/circular-products>

"Royal BAM Group. Circularity". <https://www.bam.com/en/sustainability/circularity>

Ruda, M. V., and Myrka, Ya. V. "Tsyrukuliarni biznes-modeli v Ukraini" [Circular Business Models in Ukraine]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*, no. 2(1) (2020): 107-121.

DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2020.01.107>

Rutqvist, J., and Lacy, P. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan, 2016.

"Sensoneo. Global Waste Index". <https://sensoneo.com/global-waste-index/>

"SGR 2023. The Circularity Gap Report, 2023". <https://www.circularity-gap.world/2023>

"Statista. Consumer electronics - statistics & facts, 2023". <https://www.statista.com/topics/4408/consumer-electronics/#topicOverview>

"Statista. Global plastic packaging industry - statistics & facts, 2023". <https://www.statista.com/topics/10136/plastic-packaging-industry-worldwide/#topicOverview>

Serhiienko, L. V. "Vzaiemodiia derzhavy ta biznesu v zabezpechenni realizatsii derzhavnoi polityky tsyrukuliarnoi ekonomiky" [The Interaction of the State and Business in Ensuring the Implementation of the Circular Economy State Policy]. *Menedzher*, no. 1(74) (2017): 78-84.

"The International Resource Panel. Global Material Flows Database". <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-databas>

"Triodos Bank 2023 Annual Report". <https://www.triodos.com/en/press-releases/2024/triodos-bank-delivers-meaningful-positive-change-and-strong-financial-performance-in-2023>

"UNEP - UN Environment Programme. Food Waste Index Report, 2024". <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>

"UNEP, IEA. Global Status Report for Buildings and Construction, 2019". <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>

"Unilever. Cif innovative at-home refill will remove 1.5 million plastic bottles from UK supermarkets, 2019". <http://surl.li/whxeqw>

"VogueBusiness. Rent the Runway plans for profitability following pandemic setback, 2023". <https://www.voguebusiness.com/companies/rent-the-runway-plans-for-profitability-following-pandemic-setback>

"World Steel Association. Steel - the permanent material in the circular economy". Report, 2023. <https://worldsteel.org/publications/bookshop/steel-permanent-circular-economy/>

Webster, K., and Duff, A. *Wonderful Circles of Oz: A Circular Economy Story*. Taylor & Francis Group, 2022.

Стаття надійшла до редакції 21.11.2024 р.

Статтю прийнято до публікації 09.12.2024 р.

■