

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ЛОЗІНСЬКИЙ Артем Васильович**

УДК 330.342.2:339.9:330.83

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ГЛОБАЛЬНІ ДЕТЕРМІНАНТИ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ  
ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

Спеціальність 292 «Міжнародні економічні відносини»

Галузь знань 29 «Міжнародні відносини»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

  
Артем ЛОЗІНСЬКИЙ

Науковий керівник: Марія ШКУРАТ, кандидат економічних наук, доцент

## АНОТАЦІЯ

**Лозінський А. В. Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2026.

Дисертаційну роботу присвячено поглибленню теоретико-методологічних засад розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства, обґрунтуванню науково-методичних підходів до оцінювання рівня циркулярності країн та розробці науково-практичних рекомендацій щодо підвищення результативності циркулярної трансформації у контексті глобальних структурних змін.

У розділі 1 «Теоретичні основи становлення та формування циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» дістав подальшого розвитку понятійно-категоріальний апарат дослідження циркулярної економіки: здійснено систематизацію наукових підходів до її трактування як моделі відтворення, орієнтованої на утримання та відновлення цінності ресурсів, продуктів і матеріалів у межах повторюваних циклів, а також обґрунтовано зміну функціональної ролі циркулярних інструментів у кризових режимах – від «екологічно бажаних» до економічно необхідних рішень для підвищення стійкості виробничо-споживчих систем і ланцюгів створення вартості.

У межах теоретичного аналізу уточнено зміст системної кризи світового господарства як багатовимірною комплексу взаємопов'язаних дисбалансів, здатних формувати каскадні ефекти та підсилювати невизначеність у глобальних матеріально-виробничих системах, що обумовлює необхідність переходу до більш ресурсостійких траєкторій розвитку.

Розроблено та концептуально обґрунтовано кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+), який відображає логіку переходу від каналів

кризового тиску й трансформації стимулів до вибору пріоритетних інструментів утримання/відновлення вартості (з урахуванням ієрархізації R-стратегій) та інституційної верифікації очікуваних результатів через систему показників.

На основі здійсненого дослідження сформовано узгоджену теоретичну рамку, що поєднує інституційні чинники розвитку циркулярної економіки (режими відповідальності та стимулів, зокрема механізми розширеної відповідальності виробника), технологічні передумови та управлінську логіку пріоритезації інструментів, що забезпечує внутрішню узгодженість подальших аналітичних і прикладних розділів дисертації.

У розділі 2 «Аналітичне підґрунтя розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» поглиблено прикладну аналітичну базу дисертації шляхом поєднання макрорівневого аналізу матеріально-ресурсних потоків із порівняльною оцінкою практик поводження з відходами та секторальною діагностикою інструментів циркулярної трансформації.

У межах розділу отримано конкретні аналітичні результати щодо неоднорідності національних моделей управління відходами: показано, що критичною є не лише інтенсивність відходоутворення, а насамперед структура поводження (відновлення/повернення в обіг, енергетична утилізація, захоронення) та якість інституційної відповіді (регуляторні стимули, інфраструктура, управлінські спроможності), що безпосередньо впливає на фактичну результативність циркулярних практик.

Ключовим здобутком секторального блоку є систематизація «профілів застосування» інструментів циркулярної економіки в матеріало- та енергоємних видах економічної діяльності: для енергетики та металургії виокремлено рішення ресурсоефективності, промислової симбіозності й залучення побічних продуктів та вторинної сировини; для будівництва – пріоритет екодизайну, модульності та проектування для демонтажу; для електротехнічної галузі – перехід до дизайну для ремонту/розбирання, стандартизації компонентів і підтримки підходів «право на ремонт»; для роздрібною торгівлі – трансформація пакування та масштабування багаторазових систем; для легкої промисловості – подовження життєвого циклу

виробів через ремонт/ресейл та технології циркулярності; для агропродовольчих систем – пріоритизація запобігання втратам, оптимізації ланцюгів постачання та інновацій моніторингу й планування.

Завершальним результатом розділу стало обґрунтування та формалізація науково-методичного підходу до оцінювання циркулярності країни як інтегральної характеристики, що агрегує економічну, соціальну та екологічну складові через побудову індексу циркулярності країни. Запропоновано декомпозицію індикаторів за макро-, мезо- та мікрорівнями, що забезпечує діагностику не лише інтегрального результату, а й структурних диспропорцій між рівнями оцінювання. Методика реалізується за чітким алгоритмом: формування матриці вихідних показників, побудова еталонного вектора з поділом індикаторів на стимулятори/дестимулятори, нормування та поетапне агрегування від індивідуальних до групових і блочних показників, із подальшим інтегруванням у підсумковий індекс.

Прикладну інтерпретацію результатів забезпечено через шкалу та групування країн за зонами циркулярності: зона циркулярної деградації, зона циркулярної трансформації, зона циркулярної стабілізації, зона циркулярного розвитку. Зазначене зонування дозволяє виявляти диспропорції між економічною, соціальною та екологічною складовими, фіксувати асиметрії між країнами «ядра» та «периферії» ЄС, а також ідентифікувати пріоритети державної політики відповідно до зони циркулярності.

У розділі 3 «Механізми ефективності розвитку циркулярної економіки в країнах світу у контексті глобальних змін» обґрунтовано прикладний інструментарій пояснення та вимірювання того, як саме механізми циркулярної економіки впливають на економічний розвиток і які управлінські акценти мають бути диференційованими для різних груп країн. З цією метою виконано парний кореляційний аналіз і сформовано систему предикторів циркулярності, що репрезентують економічну (продуктивність ресурсів, енергопродуктивність, інтенсивність викидів від промислових підприємств), соціальну (частка персоналу, зайнятого в НДДКР; витрати на соціальний захист; частка населення, підключеного до вторинного очищення вод) та екологічну (рівень переробки

побутових відходів; індекс чистоти енергоспоживання; рівень водокористування) складові, які надалі використано як пояснювальні змінні економіко-математичного моделювання економічного розвитку країн.

У межах розділу побудовано класифікацію країн за поєднанням рівня економічного розвитку (ВВП) та ефективності впровадження циркулярних ініціатив: на основі дисперсійного аналізу підтверджено статистично значущі міжгрупові відмінності за досліджуваними індикаторами та обґрунтовано доцільність чотирикластерного рішення, а для ідентифікації належності країн до кластерів застосовано метод k-means, що забезпечив чітке розмежування груп за сукупністю обраних показників. На цій основі сформовано економетричні моделі економічного розвитку за кластерами та показано, що набір значущих предикторів і напрям їх впливу не є універсальними: для країн із середнім рівнем розвитку встановлено неоднозначну конфігурацію ефектів (зокрема наявні як позитивні, так і негативні впливи різних індикаторів), тоді як для країн із високим рівнем розвитку окреслено чіткіші акценти впливу, зокрема критичність екологічних параметрів. Додатково аргументовано доцільність використання коефіцієнта детермінації як кількісного індикатора результативності циркулярних стратегій і практичного критерію визначення стратегічних пріоритетів з урахуванням кластерної специфіки.

Завершальним прикладним результатом розділу стало удосконалення методології пріоритезації циркулярних стратегій для України, адаптованої до умов системної кризи та воєнного стану: запропоновано підхід, який інтегрує оцінювання галузевого розвитку, потенціалу циркулярної економіки та параметрів стійкості для ідентифікації пріоритетних секторів упровадження ініціатив. На цій основі визначено чотири пріоритетні стратегії для України: пріоритетності відновлюваних ресурсів, подовження життєвого циклу товарів, ревалоризації та відтворення екосистем, – реалізація яких формує науково обґрунтовані орієнтири державної політики економічного відновлення і сталого розвитку, підсилює адресність розподілу обмежених ресурсів, створює основу для галузевих дорожніх карт, підвищує стійкість економіки до зовнішніх шоків та

підтримує інтеграцію України до європейського економічного простору.

**Ключові слова:** циркулярна економіка, сталий розвиток, «зелена» економіка, системна криза світового господарства, економічний розвиток, предиктори економічного розвитку, глобальні детермінанти, оцінювання циркулярності, індекс циркулярності країни, економічна циркулярність, соціальна циркулярність, екологічна циркулярність, забруднення навколишнього середовища, управління відходами, фінансові виклики, механізми утримання вартості, кластеризація країн, пріоритезація циркулярних стратегій, тенденції, Європейський зелений курс, цифровізація.

## ABSTRACT

**Lozinskyi A. V. Global determinants of the development of the circular economy in the conditions of the systemic crisis of the world economy. – Qualification research paper as a manuscript.**

Thesis for a PhD Degree by Program Subject Area 292 “International Economic Relations”. Vasyl’ Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2026.

The dissertation is devoted to advancing the theoretical and methodological foundations of circular economy development under a systemic crisis of the world economy, substantiating scientific and methodological approaches to assessing countries’ circularity levels, and elaborating research-based practical recommendations aimed at enhancing the effectiveness of circular transformation in the context of global structural change.

In Chapter 1, “Theoretical Foundations of the Emergence and Formation of the Circular Economy under a Systemic Crisis of the World Economy,” the conceptual and categorical framework of circular economy research is further developed. The study systematizes scholarly approaches that interpret the circular economy as a reproduction model focused on retaining and restoring value embodied in resources, products, and materials through recurrent cycles. It also substantiates a shift in the functional role of circular instruments in crisis conditions from “environmentally desirable” options to economically necessary solutions for strengthening the resilience of production-consumption systems and value chains.

Within the theoretical analysis, the dissertation уточнює the notion of a systemic crisis of the world economy as a multidimensional complex of interrelated imbalances capable of generating cascading effects and amplifying uncertainty in global material and production systems, thereby necessitating a transition toward more resource-resilient development trajectories. A crisis-circular value retention mechanism (CCVRM+) is developed and conceptually justified. It captures the logic of moving from channels of crisis pressure and incentive transformation to the selection of priority value retention/restoration instruments (taking into account the hierarchy of R-

strategies) and the institutional verification of expected outcomes through a system of indicators.

Based on the conducted research, a coherent theoretical framework is constructed that integrates institutional drivers of circular economy development (responsibility and incentive regimes, including extended producer responsibility mechanisms), technological prerequisites, and the managerial logic of prioritizing instruments, thereby ensuring the internal coherence of subsequent analytical and applied chapters of the dissertation.

In Chapter 2, “Analytical Framework for Circular Economy Development under a Systemic Crisis of the World Economy,” the applied analytical base is deepened by combining a macro-level analysis of material and resource flows with a comparative assessment of waste management practices and a sectoral diagnosis of circular transformation instruments. The chapter provides specific analytical results regarding the heterogeneity of national waste management models, demonstrating that what is critical is not only waste generation intensity, but primarily the treatment structure (recovery/return to economic circulation, energy recovery, landfilling) and the quality of the institutional response (regulatory incentives, infrastructure, governance capacities), which directly determine the actual effectiveness of circular practices.

A key contribution of the sectoral block is the systematization of “application profiles” of circular economy instruments in material- and energy-intensive economic activities. For energy and metallurgy, the study identifies resource-efficiency solutions, industrial symbiosis, and the use of by-products and secondary raw materials; for construction, it prioritizes eco-design, modularity, and design for disassembly; for the electrical engineering sector, it emphasizes design for repair/disassembly, component standardization, and support for “right to repair” approaches; for retail, it focuses on packaging transformation and scaling reusable systems; for light industry, it highlights life-cycle extension through repair/resale and circular technologies; and for agri-food systems, it prioritizes loss prevention, supply-chain optimization, and monitoring and planning innovations.

The chapter culminates in substantiating and formalizing a scientific and

methodological approach to assessing a country's circularity as an integral characteristic that aggregates the economic, social, and environmental components through constructing a Country Circularity Index. A decomposition of indicators across macro-, meso-, and micro-levels is proposed, enabling diagnostics not only of the integral outcome but also of structural disproportions between assessment levels. The methodology follows a clear algorithm: formation of the initial indicator matrix; construction of a benchmark vector with a division into stimulators/destimulators; normalization; and stepwise aggregation from individual to group and block indicators, followed by integration into the final index.

Applied interpretation of results is ensured through a scale and grouping of countries into circularity zones: the circular degradation zone, circular transformation zone, circular stabilization zone, and circular development zone. This zoning makes it possible to identify disproportions among the economic, social, and environmental components, capture asymmetries between "core" and "peripheral" EU countries, and determine public policy priorities according to the relevant circularity zone.

In Chapter 3, "Mechanisms of Circular Economy Development Effectiveness in Countries Worldwide in the Context of Global Change," an applied toolkit is substantiated to explain and measure how circular economy mechanisms influence economic development and which managerial emphases should be differentiated across country groups. To this end, pairwise correlation analysis is conducted and a system of circularity predictors is developed, representing the economic (resource productivity, energy productivity, industrial emission intensity), social (share of personnel engaged in R&D; social protection expenditure; share of population connected to secondary wastewater treatment), and environmental (municipal waste recycling rate; energy cleanliness index; water-use level) components. These predictors are subsequently used as explanatory variables in economic and mathematical modelling of countries' economic development.

The chapter develops a classification of countries by the combination of economic development level (GDP) and the effectiveness of implementing circular initiatives. Based on analysis of variance, statistically significant intergroup differences across the

studied indicators are confirmed, and the appropriateness of a four-cluster solution is substantiated. Cluster membership is identified using the k-means method, which ensures a clear separation of groups by the set of selected indicators. On this basis, econometric models of economic development are constructed by cluster, demonstrating that the set of significant predictors and the direction of their effects are not universal. For countries with a medium level of development, an ambiguous configuration of effects is identified (including both positive and negative influences of different indicators), whereas for highly developed countries clearer impact patterns are established, including the critical role of environmental parameters. Additionally, the use of the coefficient of determination is justified as a quantitative indicator of the effectiveness of circular strategies and a practical criterion for defining strategic priorities with regard to cluster specificity.

The chapter concludes with an applied result: the methodology for prioritizing circular strategies for Ukraine is refined and adapted to conditions of systemic crisis and martial law. An approach is proposed that integrates the assessment of sectoral development, circular economy potential, and resilience parameters to identify priority sectors for initiative implementation. On this basis, four priority strategies for Ukraine are defined: prioritization of renewable resources, extension of product life cycles, revalorization, and ecosystem restoration. Their implementation provides scientifically grounded benchmarks for public policy on economic recovery and sustainable development, strengthens the targeting of scarce resources, creates a basis for sectoral roadmaps, enhances resilience to external shocks, and supports Ukraine's integration into the European economic space.

**Keywords:** circular economy, sustainable development, green economy, systemic crisis of the world economy, economic development, predictors of economic development, global determinants, circularity assessment, national circularity index, economic circularity, social circularity, environmental circularity, environmental pollution, waste management, financial challenges, value retention mechanisms, country clustering, prioritization of circular strategies, trends, the European Green Deal, digitalization.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України

1. Савченко М. В., Лозінський А. В. Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства. *Актуальні проблеми економіки*. 2023. № 11 (269). С. 156-173. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf)

*Особистий внесок здобувача: систематизація теоретичних засад циркулярно-орієнтованої моделі економіки; критичний аналіз наявних міжнародних та національних методичних підходів до оцінювання ЦЕ; обґрунтування потреби в універсальній інструментарії оцінювання, що враховує економічні, екологічні та соціальні аспекти сталого розвитку.*

2. Савченко М. В., Лозінський А. В. Вплив глобальних економічних криз на стратегії розвитку циркулярно-орієнтованої економіки. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 1 (271). С. 33-43. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24.\\_topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24._topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf)

*Особистий внесок здобувача: обґрунтування впливу глобалізаційних економічних процесів та економічних криз на перехід до циркулярної моделі економіки; проведення оцінки сучасного стану впровадження принципів циркулярної економіки країнами світу.*

3. Савченко М. В., Лозінський А. В. Комплексна оцінка рівня циркулярності країни: методичний інструментарій та емпіричні результати для країн Європи. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7 (277). С. 349-369. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf)

*Особистий внесок здобувача: розробка багаторівневої методики обчислення індексу циркулярності країни, що ґрунтується на трьох*

*взаємопов'язаних рівнях оцінки: мікро-, мезо- та макроекономічному; побудова алгоритму розрахунку на основі нормування, еталонізації та експертного оцінювання; формування шкали інтерпретації отриманих значень індексу для стратифікації країн за зонами циркулярної деградації, трансформації, стабілізації та розвитку.*

4. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки: глобальні тенденції. *Проблеми економіки*. 2024. № 4 (62). С. 44-55. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2024-4\\_0-pages-44\\_55.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2024-4_0-pages-44_55.pdf)

*Особистий внесок здобувача: виокремлення сучасних підходів та методів впровадження принципів циркулярної економіки у виробничі процеси.*

5. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Емпіричне дослідження впливу економічних, соціальних та екологічних предикторів на рівень циркулярності країн Європи. *Економіка і організація управління*. 2025. № 3(59). С. 123-139. URL: <https://jeou.donnu.edu.ua/article/view/18807>

*Особистий внесок здобувача: добір предикторів (економічних, соціальних, екологічних) та показників циркулярності; проведення кореляційного і регресійного аналізу та інтерпретація емпіричних результатів; формування висновків щодо ключових детермінант циркулярності країн Європи.*

6. Лозінський А. В. Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку циркулярної економіки. *Ефективна економіка*. 2026. № 2. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/9256/9407>

*Особистий внесок здобувача: теоретичне обґрунтування впливу системної кризи на стимули переходу до циркулярної економіки; формування авторської аналітичної моделі взаємозв'язку кризових факторів, інструментів циркулярної економіки та результатів переходу; розробка підходу до оцінювання й пріоритизації інструментів за багатокритеріальною процедурою.*

### Публікації за матеріалами конференцій

1. Савченко М. В., Лозінський А. В. Історія становлення та розвиток концепції циркулярної економіки. Modern research in science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. PP. 474-480.
2. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки. Праці XXIV Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (3 грудня 2024 р., м. Вінниця). Том II. Ред. кол. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2024. С. 39-42.
3. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Розвиток циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства: виклики та структурні трансформації. Праці XXV Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих вчених «Проблеми розвитку соціально-економічних систем в національній та глобальній економіці» (02 квітня 2025 р., м. Вінниця). Том 2. Ред. кол. Орехова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 36-38
4. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Ієрархія та пріоритизація R-стратегій у циркулярній економіці: сутність та практичні орієнтири. Праці XXV Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (27 листопада 2025 р., м. Вінниця). Том 1. Ред. кол. Орехова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 43-46

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	18
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАНОВЛЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ	
ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО	
ГОСПОДАРСТВА .....	
1.1 Теоретичний базис становлення та формування циркулярної економіки .....	29
1.2 Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку циркулярної економіки.....	50
1.3 Концептуальні засади розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства.....	67
Висновки до розділу 1 .....	83
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В	
УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО ГОСПОДАРСТВА .....	
2.1 Новітні тенденції у використанні інструментів циркулярної економіки у світі ....	87
2.2 Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки .....	117
2.3 Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства.....	134
Висновки до розділу 2 .....	168
РОЗДІЛ 3 МЕХАНІЗМИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ	
В КРАЇНАХ ЄВРОПИ У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН .....	
3.1 Кореляційний аналіз предикторів економічної, соціальної та екологічної циркулярності країн Європи .....	171
3.2 Економіко-математичне моделювання економічного розвитку країни на основі імплементації принципів циркулярної економіки .....	181
3.3 Пріоритетні циркулярні стратегії для України в умовах системної кризи світового господарства .....	203
Висновки до розділу 3 .....	225
ВИСНОВКИ.....	228
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	233
ДОДАТКИ .....	263

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

10R – ієрархія R-стратегій циркулярної економіки «10R»

3R (англ. Reduce, Reuse, Recycle) – підхід «зменшення, повторне використання, переробка»

AI (англ. Artificial Intelligence) – штучний інтелект

ANOVA (англ. Analysis of Variance) – дисперсійний аналіз

CAGR (англ. Compound Annual Growth Rate) – середньорічний темп зростання

CBD (англ. Convention on Biological Diversity) – Конвенція про біологічне різноманіття

CSD (англ. Commission on Sustainable Development) – Комісія ООН зі сталого розвитку

CSR (англ. Corporate Social Responsibility) – корпоративна соціальна відповідальність

EBRD (англ. European Bank for Reconstruction and Development) – Європейський банк реконструкції та розвитку

EC (англ. European Commission) – Європейська комісія

EEE (англ. Electrical and Electronic Equipment) – електричне та електронне обладнання

EMF (англ. Ellen MacArthur Foundation) – Фонд Еллен МакАртур

EPI (англ. Environmental Performance Index) – Індекс екологічної результативності

EPR (англ. Extended Producer Responsibility) – розширена відповідальність виробника

ESI (англ. Environmental Sustainability Index) – Індекс екологічної сталості

ESPR (англ. Ecodesign for Sustainable Products Regulation) – Регламент щодо екодизайну сталих продуктів

EU (англ. European Union) – Європейський Союз

EW-MFA (англ. Economy-Wide Material Flow Accounts) – облік матеріальних потоків на рівні національної економіки

FAO (англ. Food and Agriculture Organization) – Продовольча та

сільськогосподарська організація ООН

FSC (англ. Forest Stewardship Council) – Лісова опікунська рада

GDP (англ. Gross Domestic Product) – валовий внутрішній продукт

IEC (англ. International Electrotechnical Commission) – Міжнародна електротехнічна комісія

IEA (англ. International Energy Agency) – Міжнародне енергетичне агентство

IPCC (англ. Intergovernmental Panel on Climate Change) – Міжурядова група експертів зі зміни клімату

ISO (англ. International Organization for Standardization) – Міжнародна організація зі стандартизації

IoT (англ. Internet of Things) – Інтернет речей

JPOI (англ. Johannesburg Plan of Implementation) – Йоганнесбурзький план імплементації

KPI (англ. Key Performance Indicators) – ключові показники ефективності

MFA (англ. Material Flow Analysis) – аналіз матеріальних потоків

MDGs (англ. Millennium Development Goals) – Цілі розвитку тисячоліття

NDCs (англ. Nationally Determined Contributions) – національно визначені внески

OECD (англ. Organisation for Economic Co-operation and Development) – Організація економічного співробітництва та розвитку

PSS (англ. Product-Service Systems) – продуктово-сервісні системи

SDGs (англ. Sustainable Development Goals) – Цілі сталого розвитку

SEI (англ. Stockholm Environment Institute) – Стокгольмський інститут навколишнього середовища

SEM (англ. Structural Equation Modeling) – моделювання структурними рівняннями

SFA (англ. Substance Flow Analysis) – аналіз потоків речовин

SMART (англ. Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) – критерії постановки цілей

TCO (англ. Total Cost of Ownership) – сукупна вартість володіння

UN (англ. United Nations) – Організація Об'єднаних Націй

UNCED (англ. United Nations Conference on Environment and Development) – Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку

UNFCCC (англ. United Nations Framework Convention on Climate Change) – Рамкова конвенція ООН про зміну клімату

UNEP (англ. United Nations Environment Programme) – Програма ООН з навколишнього середовища

UNIDO (англ. United Nations Industrial Development Organization) – Організація ООН з промислового розвитку

WCED (англ. World Commission on Environment and Development) – Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку

WHO (англ. World Health Organization) – Всесвітня організація охорони здоров'я

WSSD (англ. World Summit on Sustainable Development) – Всесвітній саміт зі сталого розвитку

ЦЕ (англ. Circular Economy) – циркулярна економіка

АПК – агропромисловий комплекс

ЛПК – лісопромисловий комплекс

НДДКР – науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи

КЦМУВ+ – кризово-циркулярний механізм утримання вартості

АПУВ – антикризовий потенціал утримання вартості

ЗЦД – зона циркулярної деградації

ЗЦТ – зона циркулярної трансформації

ЗЦС – зона циркулярної стабілізації

ЗЦР – зона циркулярного розвитку

## ВСТУП

*Актуальність теми дослідження.* Сучасний етап розвитку світового господарства характеризується не лише циклічними коливаннями, а й поглибленням системної кризи, що охоплює ресурсну, енергетичну, екологічну, виробничо-логістичну та соціально-економічну сфери. Наростання глобальних дисбалансів, виснаження природно-ресурсної бази, посилення залежності економічного зростання від нестійких моделей споживання, зростання обсягів відходів та екологічних втрат засвідчують обмеженість лінійної моделі господарювання і водночас актуалізують потребу у формуванні нових підходів до організації відтворювальних процесів. У цих умовах циркулярна економіка набуває значення не лише як сукупність окремих природоохоронних або технологічних рішень, а як цілісна модель економічного розвитку, орієнтована на замикання матеріальних і енергетичних потоків, збереження вартості ресурсів у господарському обігу, мінімізацію відходів, відновлення природного капіталу та підвищення стійкості економічних систем.

Теоретичні витoki концепції циркулярної економіки формувалися поступово в межах еволюції екологічної та еколого-економічної думки. Вагомий внесок у становлення ідей, які надалі стали основою циркулярної моделі, зробили К. Боулдінг [18], Д. Медоуз [19], В. Штахель [20], Д. Пірс і Р. Тернер [22], які обґрунтовували необхідність переходу від ресурсно-витратної моделі господарювання до системи, що враховує природні межі, відтворення ресурсів і мінімізацію відходів. На сучасному етапі сутність циркулярної економіки, її принципи, структурні характеристики та механізми реалізації розкрито у працях Фонду Еллен МакАртур [17], а також у дослідженнях В. Джяо і Ф. Бунса [23], М. Гайсдорфера, П. Саведжета, Н. Бокен, Е. Хултінка [24], Дж. Кірхерра, Д. Рейке, М. Хеккерта [25], Дж. Корхонена, К. Нуур, А. Фельдманна, С. Біркі [26], М. Лідера, А. Рашида [27], А. Таккера [28], Н. Грегсона, М. Кранга, С. Фуллера, Г. Холмса [29], В. Хааса, Ф. Краусманна, Д. Віденгофера, М. Гайнца [30]. У працях зазначених авторів циркулярна економіка трактується як відновлювальна та

регенеративна система, що ґрунтується на замиканні циклів матеріалів, повторному використанні ресурсів, екодизайні, розвитку сервісних моделей та зниженні залежності від первинної сировини.

Суттєвий внесок у розвиток наукових підходів до осмислення циркулярної економіки, її співвідношення зі сталим розвитком, екологізацією, зеленою економікою та трансформацією сучасних господарських систем зробили і вітчизняні дослідники. Зокрема, окремі теоретико-методологічні, інституційні та прикладні аспекти розвитку циркулярної економіки висвітлено у працях Т. Орехової [39], М. Руди, Я. Мирки [33], О. Чуріканової, М. Варфоломєєва [34], Н. Трушкіної [35], Г. Шпакової [36], М. Шкурат [38], З. Атаманчук, І. Дідович [175]. Зазначені науковці приділяють увагу концептуальному оформленню циркулярної економіки, виявленню її зв'язку з екологоорієнтованими моделями розвитку, аналізу чинників її поширення, а також обґрунтуванню потенціалу циркулярних практик для підвищення стійкості економічних систем.

Водночас сучасний науковий дискурс щодо циркулярної економіки суттєво розширюється за рахунок досліджень, присвячених її ролі у подоланні наслідків кризових процесів, забезпеченні економічної безпеки, післякризовому та повоєнному відновленні, логістичній перебудові та ресурсній стійкості. Ці аспекти знайшли відображення у працях Ю. Іщук [248], Н. Резнікової [266], І. Зварич [267], де акцент зроблено на нових умовах функціонування економічних систем, необхідності адаптації моделей розвитку до кризового середовища та використанні циркулярних підходів як інструменту зміцнення стійкості національної економіки.

Незважаючи на значну кількість наукових праць зарубіжних і вітчизняних вчених, недостатньо дослідженими залишаються питання розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства, її впливу на трансформацію сучасних моделей господарювання, систематизації чинників, принципів та інструментів її впровадження, а також визначення її практичного значення для підвищення стійкості, конкурентоспроможності та ресурсної ефективності економічних систем, що зумовило вибір теми дисертаційної роботи,

постановку мети і завдань дослідження.

***Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.***

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики наукових досліджень кафедри міжнародних економічних відносин Донецького національного університету імені Василя Стуса «Трансформаційні стратегії соціально-економічних систем в умовах викликів глобального сталого розвитку» (0122U002287 від 11.04.2022 р.), 2022-2024 рр., у межах якої дисертантом проаналізовано трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки, удосконалено методичні підходи до оцінювання циркулярності країни та обґрунтовано пріоритетні циркулярні стратегії для України в умовах системної кризи світового господарства.

***Метою дисертаційної роботи*** є поглиблення теоретичних засад, удосконалення методичних положень та формування практичних рекомендацій щодо розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено і вирішено ***завдання:***

- удосконалити теоретичний базис становлення та формування циркулярної економіки;
- дослідити системну кризу світового господарства як рушійну силу розвитку циркулярної економіки;
- сформулювати концептуальні засади розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства;
- визначити сучасні тенденції у використанні інструментів циркулярної економіки у світі;
- дослідити детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки;
- розробити науково-методичний підхід до оцінки циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства;
- обґрунтувати вплив предикторів економічної, соціальної та екологічної циркулярності на результативність циркулярної трансформації країн Європи на основі кореляційного аналізу;

- розробити економіко-математичні моделі економічного розвитку країн з урахуванням імплементації принципів циркулярної економіки та визначити статистично значущі чинники впливу;

- виокремити пріоритетні циркулярні стратегії для України в умовах системної кризи світового господарства.

**Об'єктом дослідження** є процес розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства.

**Предметом дослідження** є глобальні детермінанти, механізми та інструменти реалізації принципів циркулярної економіки в контексті трансформації економічних систем.

**Методи дослідження.** На різних етапах виконання науково-кваліфікаційної роботи залежно від рівня і характеру науково-практичних завдань застосовано загальнонаукові та спеціальні **методи пізнання**, серед яких: *метод системного узагальнення та критичного аналізу* – для систематизації наукових підходів до трактування циркулярної економіки та уточнення змісту системної кризи світового господарства (п. 1.1, п. 1.2); *причинно-наслідковий аналіз* – для розробки та обґрунтування кризово-циркулярного механізму утримання вартості (КЦМУВ+) і логіки ієрархізації інструментів утримання/відновлення вартості (п. 1.2); *статистичний аналіз, порівняння та групування* – для макроаналітичної діагностики матеріально-ресурсних потоків, порівняльної оцінки практик поведінки з відходами та секторальної систематизації інструментів циркулярної трансформації (п. 2.1, п. 2.2); *індексний метод, нормування та агрегування показників* – для побудови інтегрального індексу циркулярності країни, декомпозиції індикаторів за макро-, мезо- та мікрорівнями і формалізації алгоритму оцінювання (п. 2.3); *кореляційний аналіз* – для відбору та перевірки взаємозв'язків предикторів економічної, соціальної та екологічної циркулярності (п. 3.1); *методи економіко-математичного та економетричного моделювання* – для побудови моделей економічного розвитку на основі імплементації принципів циркулярної економіки та визначення статистично значущих чинників впливу (п. 3.2); *методи кластерного аналізу (k-means, дисперсійний аналіз)* – для

типологізації країн за поєднанням рівня економічного розвитку та ефективності циркулярних ініціатив і подальшої інтерпретації результатів моделювання (п. 3.2); *метод аналізу ієрархій (АНР)* – для пріоритезації циркулярних стратегій для України в умовах системної кризи (п. 3.3); *графічний метод* – для наочної візуалізації положень і результатів дослідження та інші методи.

***Теоретичною основою*** стали фундаментальні положення економічної теорії та теорії сталого розвитку, наукові концепції й підходи щодо циркулярної економіки, ресурсоефективності, управління матеріальними потоками та інституційних механізмів екологічної й економічної трансформації. Методологічне підґрунтя сформовано на основі наукових праць провідних зарубіжних і вітчизняних учених з проблематики системної кризи світового господарства та глобальних структурних змін, аналітичних доповідей і звітів міжнародних організацій та інституцій Європейського Союзу, а також матеріалів дисертаційних і прикладних досліджень, релевантних для оцінювання циркулярності та обґрунтування механізмів підвищення результативності циркулярної трансформації.

***Інформаційно-емпірична та нормативно-правова база*** досліджень сформована на основі офіційної статистики, аналітичних доповідей і нормативних документів міжнародних та європейських інституцій у сфері циркулярної економіки, ресурсоефективності, поводження з відходами та сталого розвитку. Зокрема, використано матеріали Організації Об'єднаних Націй (ООН) і її спеціалізованих структур, Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), Світового банку, Європейської Комісії та Євростату, а також профільних міжнародних аналітичних платформ і статистичних баз, що забезпечують дані щодо матеріальних потоків, відходоутворення, показників ресурсної та енергетичної продуктивності, екологічних параметрів і соціальних індикаторів, релевантних для оцінювання циркулярності країн та побудови економіко-математичних моделей.

Нормативно-правове забезпечення дослідження включає міжнародні та європейські стратегічні й регуляторні документи у сфері переходу до циркулярної

економіки (зокрема рамкові політики та директиви ЄС щодо відходів, ресурсоефективності, екодизайну, розширеної відповідальності виробника), а також національні програмні документи та статистичні матеріали України, що відображають стан і пріоритети циркулярної трансформації. У роботі також використано дані та публікації Державної служби статистики України, профільних міністерств і відомств, які забезпечують інформаційну основу для аналітичних висновків і практичних рекомендацій.

**Наукова новизна дисертаційного дослідження** полягає у науковому обґрунтуванні теоретико-методологічних засад подальшого розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства з метою розробки комплексної наукової концепції забезпечення стійкості та самовідтворення екосистем.

***вперше:***

розроблено науково-методичний підхід до оцінювання циркулярності економіки країни, що ґрунтується на розрахунку індексу циркулярності країни, який забезпечує комплексну оцінку прогресу до економіки замкнутого циклу шляхом одночасного врахування економічних, соціальних та екологічних аспектів на макро-, мезо- та мікрорівнях. Це дозволяє не тільки визначити загальний рівень циркулярності, але й виявити ключові диспропорції та пріоритетні напрямки для політичного втручання, що сприятиме розробці більш ефективних та цілеспрямованих стратегій розвитку;

***удосконалено:***

теоретико-методологічні засади розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства, результатом чого стало концептуальне оформлення кризово-циркулярного механізму утримання вартості (КЦМУВ+) як узгодженої логіки переходу від кризових дисбалансів і трансформації стимулів до вибору пріоритетних інструментів утримання/відновлення вартості ресурсів, продуктів і матеріалів (з урахуванням ієрархії R-стратегій) та інституційної верифікації очікуваних результатів через систему показників. Запропонований механізм забезпечує структуроване відображення ключових взаємозв'язків між

каналами кризового тиску, управлінськими рішеннями щодо циркулярних інструментів і результатами їх впровадження у виробничо-споживчих системах; підкреслює визначальну роль інституційних режимів відповідальності та стимулів (зокрема механізмів розширеної відповідальності виробника) у формуванні умов циркулярної трансформації; фіксує необхідність нормативно-правового та інфраструктурного забезпечення для масштабування практик утримання вартості; а також задає методичні орієнтири для оцінювання результативності циркулярних рішень та обґрунтування пріоритетів політики у контексті глобальних структурних змін;

методичний інструментарій дослідження розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства, а саме: визначення структурних складових циркулярної економіки та логіки утримання/відновлення вартості ресурсів, продуктів і матеріалів у повторюваних циклах; ідентифікація ключових сучасних трендів циркулярної трансформації через аналіз матеріально-ресурсних потоків, зміни у практиках поводження з відходами та еволюцію інструментів циркулярних стратегій у секторах; систематизація й дослідження детермінант розвитку глобальної циркулярної економіки з виокремленням чотирьох базових груп чинників: екологічних (ресурсні обмеження, забруднення, кліматичні виклики), економічних (ресурсна ефективність, витрати лінійної моделі та стимули до утримання вартості), технологічних (інновації дизайну, відновлення та повернення матеріалів у обіг, цифрові рішення управління потоками), політико-регуляторних (нормативні рамки, інструменти політики та регуляторні стимули циркулярного переходу), а також конкретизацією ролі соціальних, корпоративних, фінансових й освітніх чинників як підсилювачів масштабування циркулярних практик і формування спроможностей для стійкої трансформації;

методологія пріоритезації циркулярних стратегій для України, адаптована до умов системної кризи та воєнного стану, що інтегрує оцінку галузевого розвитку, потенціалу циркулярної економіки (ЦЕ) та стійкості для ідентифікації пріоритетних секторів впровадження циркулярних ініціатив, що, на відміну від існуючих підходів, дозволяє більш обґрунтовано визначати напрями державної

політики, оптимізувати розподіл ресурсів, розробляти галузеві дорожні карти з ЦЕ та підвищувати стійкість національної економіки;

***дістали подальшого розвитку:***

понятійно-категоріальний апарат дослідження циркулярної економіки, а саме науково обґрунтовано категорії – економічна, соціальна, екологічна циркулярність, що дозволило розширити трактування дефініцій «циркулярна економіка» та розкрити сутність взаємозв'язку між складовими елементами;

запропоновано авторське визначення циркулярної економіки як економічної моделі відтворення, у межах якої процеси проектування, виробництва, обігу та споживання організуються таким чином, щоб матеріальні й енергетичні ресурси максимально довго зберігалися в господарському обігу через продовження життєвого циклу продукції та багаторазове залучення сировини, а обсяги відходів і потреба у первинних ресурсах мінімізувалися завдяки застосуванню замкнених та регенеративних циклів, що забезпечують зниження антропогенного навантаження та підтримання екологічної стійкості економічного розвитку;

методичні підходи до оцінки детермінант розвитку циркулярної економіки через застосування кластерного аналізу країн за рівнем економічного розвитку та інтенсивністю впровадження циркулярних ініціатив, що дозволило диференціювати ключові предиктори, що впливають на економічний розвиток для кожної групи країн задля побудови економіко-математичних моделей з метою прогнозування рівня економічного розвитку країни залежно від впроваджених циркулярних ініціатив, обґрунтування комплексу стратегічних рекомендацій щодо стимулювання впровадження ЦЕ на основі визначених пріоритетів.

**Практичне значення наукових результатів** полягає у можливості використання теоретичних положень та практичних рекомендацій для формування стратегій циркулярної економіки, удосконалення політик сталого розвитку та оцінювання рівня циркулярності в умовах системної кризи світового господарства.

Основні наукові положення, висновки і практичні результати дослідження

впроваджено:

- у діяльність ТОВ «ЮМ ТРЕЙД» (довідка від 22.02.2026 р.): авторські методичні положення щодо пріоритезації циркулярних стратегій в умовах системної кризи та воєнного стану, а саме: підхід до поєднання оцінювання галузевого розвитку, потенціалу циркулярної економіки та рівня стійкості, а також обґрунтування пріоритетних циркулярних стратегій, зокрема використання відновлюваних ресурсів, подовження життєвого циклу товарів, ревалоризації та відтворення екосистем, які було впроваджено при формуванні пріоритетів розвитку підприємства, плануванні заходів щодо зниження втрат у матеріально-ресурсних потоках, удосконаленні підходів до поводження з відходами та підвищенні стійкості функціонування підприємства;

- у діяльність ТОВ «ЛОДЖІФЛОВ» (акт № 12 від 15.02.2026 р.): авторські науково-аналітичні положення щодо визначення сучасних тенденцій і чинників циркулярної трансформації, а саме: виявлення змін у конфігурації матеріально-ресурсних потоків, трансформації підходів до поводження з відходами, ускладнення інструментарію циркулярних стратегій на рівні секторів і ланцюгів створення вартості, а також систематизація екологічних, економічних, технологічних, політико-регуляторних, соціальних, корпоративних, фінансових та освітніх чинників прискорення циркулярного переходу, які було впроваджено при визначенні пріоритетних напрямів розвитку підприємства в логіці циркулярного переходу в умовах нестабільності зовнішнього середовища;

- у діяльність ТОВ «МІЛІОН ФЛАВЕРС» (акт № 1П/3 від 01.03.2026 р.): авторські науково-методичні положення щодо застосування кризово-циркулярного механізму утримання вартості, а саме: використання КЦМУВ+ як аналітичної основи для обґрунтування та пріоритезації управлінських заходів, спрямованих на підвищення ресурсної ефективності, скорочення втрат у межах господарської діяльності та посилення стійкості операційних процесів, які було впроваджено при удосконаленні підходів до планування, контролю та забезпечення стійкості операційної діяльності підприємства.

Результати досліджень також використовуються в навчальному процесі

Донецького національного університету імені Василя Стуса при викладанні навчальних дисциплін «Актуальні проблеми міжнародних економічних відносин (Topical issues of international economic relations)», «Міжнародні економічні відносини» (довідка № 20-26/12.0-24 від 03.03.2026 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Наукові положення, висновки і рекомендації, які виносяться на захист, одержані автором особисто. Усі результати, викладені в дисертаційній роботі, одержані здобувачем самостійно і знайшли відображення в наукових публікаціях автора. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертації використано лише ті положення, ідеї та висновки, які є результатом самостійної роботи здобувача.

**Апробація результатів дисертації.** Основні ідеї та положення дисертаційного дослідження доповідались та отримали схвалення на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: 6th International Scientific and Practical Conference “Modern Research in Science and Education” (8-10 лютого 2024 р., м. Чикаго, США); XXIV Міжнародній науковій конференції студентів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (3 грудня 2024 р., м. Вінниця); XXV Всеукраїнській науковій конференції студентів та молодих вчених «Проблеми розвитку соціально-економічних систем в національній та глобальній економіці» (2 квітня 2025 р., м. Вінниця); XXV Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (27 листопада 2025 р., м. Вінниця).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи знайшли своє відображення у 10 наукових працях загальним обсягом 4,96 д. а., з них особисто автору належить 3,36 д. а., у тому числі 6 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (з них 1 одноосібна), а також 4 публікації за матеріалами науково-практичних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг

дисертації – 327 сторінок. Робота містить 22 таблиці, з яких 3 таблиці займають 3 повні сторінки, 54 рисунків, з яких 12 рисунків займають 12 повних сторінок, 4 додатки на 59 сторінках, список використаних джерел із 267 найменувань на 30 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 237 сторінок.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАНОВЛЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

### 1.1 Теоретичний базис становлення та формування циркулярної економіки

У першій половині XXI століття стрімкий розвиток цифрових технологій, зокрема впровадження роботизації, Інтернету речей (*англ. Internet of Things – IoT*) та штучного інтелекту, ознаменував перехід до нового етапу технологічного розвитку промислового виробництва, який у науковій літературі визначається як «Індустрія 4.0». Ключовим елементом цієї трансформації виступає Інтернет речей, що забезпечує інтеграцію фізичних і цифрових систем та дає змогу організувати виробництво як динамічну, адаптивну мережу. Ці зміни супроводжуються значним скороченням енерго- та матеріалоемності, підвищенням ефективності виробничих процесів і появою технологічних можливостей для створення матеріалів і біологічних структур із заданими властивостями.

Як зазначає К. Шваб (K. Schwab), рушієм розвитку Індустрії 4.0 є трансформація споживчих очікувань, що передбачає зростаючу потребу в персоналізованих, швидких і екологічно відповідальних рішеннях [1; 2]. Так, відбувається перехід від моделі індивідуального володіння до моделі спільного користування; змінюються межі розуміння у сфері професійних і повсякденних навичок індивіда, його уявлення про працю, дозвілля та освіту як єдине ціле. Нова індустріальна епоха має суттєву особливість у сприйнятті праці з позиції соціальної ефективності, коли робоче місце розглядається як засіб самореалізації (розвиток ідей Е. Тоффлера у напрямі прос'юмеризму) [1; 2].

Інституціоналізація екологічного підходу на глобальному рівні бере свій початок з 1972 року, коли за рішенням Генеральної Асамблеї ООН було проведено

першу Всесвітню конференцію з проблем середовища, оточуючого людину (*англ. United Nations Conference on the Human Environment*) (рис. 1.1). Результатом конференції стало прийняття Стокгольмської декларації (*англ. Stockholm Declaration*), яка визначила 26 принципів охорони довкілля та започаткувала міждержавний діалог між країнами з різним рівнем економічного розвитку щодо взаємозв'язку економічного зростання, екологічних загроз та суспільного добробуту [3]. Окрім того, було ухвалено План дій (*англ. The Action Plan*), який включав 109 рекомендацій, згрупованих за трьома блоками: глобальна екологічна оцінка (*англ. Global Environmental Assessment Programme*), управління навколишнім середовищем (*англ. Environmental Management Activities*) та міжнародні заходи підтримки (*англ. International Support Measures*) [3]. Ключовим інституційним результатом конференції стало заснування Програми ООН з навколишнього середовища (*ЮНЕП, англ. United Nations Environment Programme – UNEP*), яка отримала мандат на координацію екологічного виміру глобальної політики розвитку, сприяння міжнародному співробітництву у сфері охорони довкілля та формування стратегічних орієнтирів міжнародного екологічного порядку денного [3].

У 1983 році за рішенням Генеральної Асамблеї ООН була заснована Міжнародна комісія з навколишнього середовища і розвитку (*МКНСР, англ. World Commission on Environment and Development – WCED*). Головування в Комісії було доручено прем'єр-міністру Норвегії Гро Гарлем Брундтланд. До компетенції Комісії належали формування принципів та індикаторів сталого розвитку, а також підготовка глобальної еколого-економічної програми дій [4]. У 1987 році WCED опублікувала звіт «Наше спільне майбутнє» (*англ. Our Common Future*), відомий як Звіт Брундтланд [4], що заклав керівні принципи сталого розвитку в сучасному розумінні. Так, він став відповіддю на терміновий заклик Генеральної Асамблеї ООН і був покликаний запропонувати довгострокові екологічні стратегії до 2000 року, рекомендувати шляхи інтеграції екологічної проблематики у систему міжнародного співробітництва та окреслити спільне бачення пріоритетних цілей для світової спільноти.

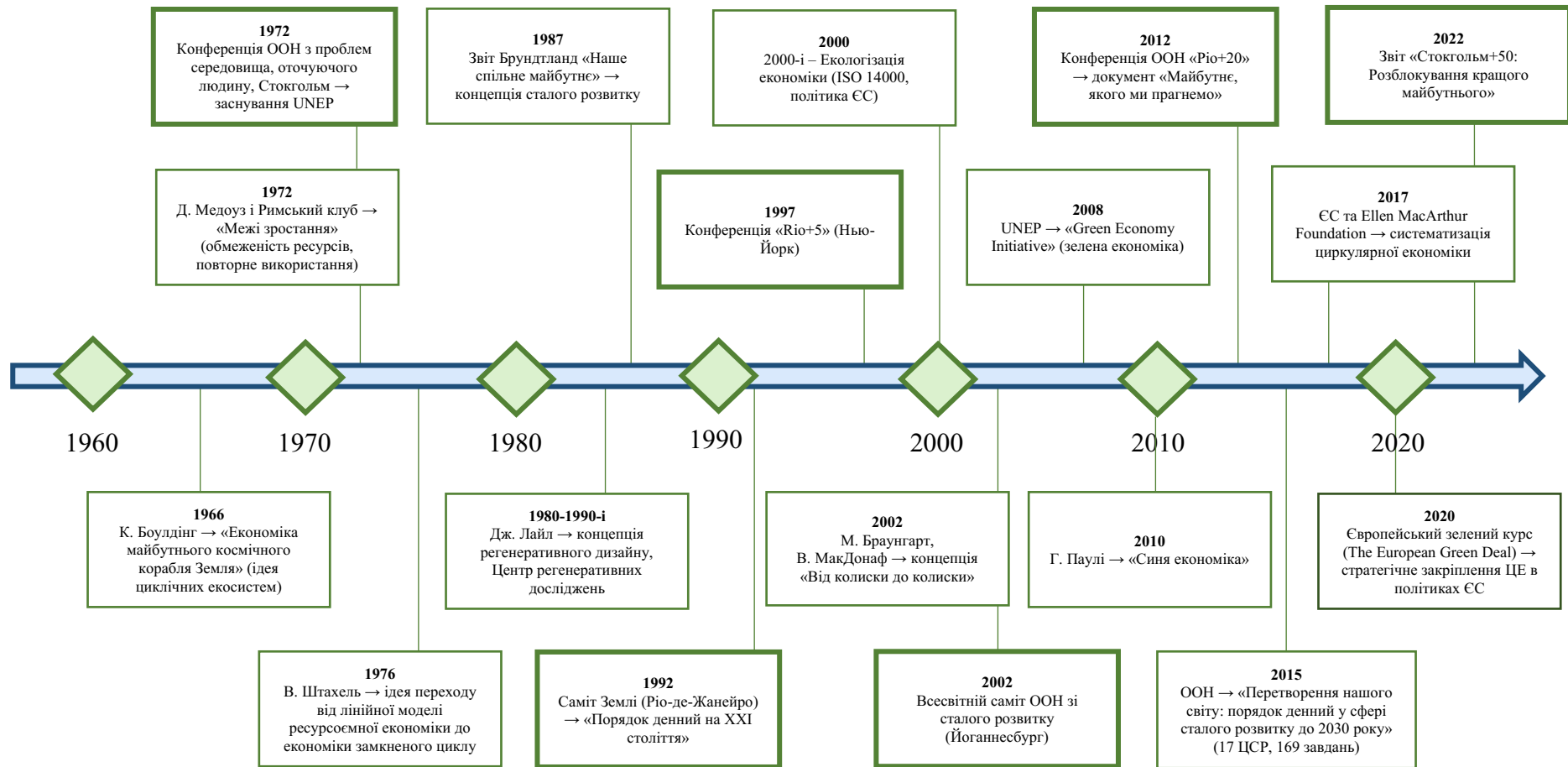


Рисунок 1.1 – Часові інтервали та основні етапи становлення концепції циркулярної економіки

Джерело: сформовано автором за матеріалами [3-12; 15-20; 22]

Подальший розвиток екологічної дипломатії відбувся у 1992 році, коли в Ріо-де-Жанейро було проведено Конференцію ООН з довкілля і розвитку (*ЮНКЕД, англ. United Nations Conference on Environment and Development – UNCED*), відому як «Саміт Землі» (*англ. Earth Summit*). Центральним результатом цієї події стало прийняття «Порядку денного на XXI століття» (*англ. Agenda 21*) – глобальної програми дій, спрямованої на забезпечення сталого розвитку шляхом інтеграції соціальних, економічних та екологічних вимірів. Документ складався з чотирьох розділів: соціально-економічний вимір (*англ. Social and Economic Dimension*), збереження та управління ресурсами (*англ. Conservation and Management of Resources for Development*), посилення ролі основних груп (*англ. Strengthening the Role of Major Groups*) та засоби реалізації (*англ. Means of Implementation*) [5].

Додатково було ухвалено Декларацію Ріо-де-Жанейро щодо навколишнього середовища та розвитку (*англ. Rio Declaration*), яка закріпила 27 принципів сталого розвитку, а також прийнято низку ключових міжнародних угод: Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату (*англ. United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*), Конвенцію про біологічне різноманіття (*англ. Convention on Biological Diversity – CBD*) та Декларацію щодо напрямку розвитку, охорони та використання лісів (*англ. Forest Principles*). Для моніторингу виконання домовленостей було створено Комісію зі сталого розвитку (*КСП, англ. Commission on Sustainable Development – CSD*) [5].

У 1997 році в Нью-Йорку відбулася спеціальна сесія Генеральної Асамблеї ООН з оцінки виконання «Порядку денного на XXI століття» (*англ. Special Session of the General Assembly to Review and Appraise the Implementation of Agenda*), відома під назвою «Ріо+5» (*англ. Rio+5 Conference*). Засідання стало першим комплексним оглядом імплементації рішень UNCED. Було встановлено, що прогрес у реалізації є обмеженим: зберігалися високі рівні соціальної нерівності та бідності, а також зростали обсяги парникових газів, токсичних викидів і твердих відходів. За підсумками було ухвалено Програму роботи Комісії зі сталого розвитку на 1998-2002 рр. (*англ. Programme of Work of the Commission on*

*Sustainable Development for the period 1998-2002*), а також Програму подальшої реалізації «Порядку денного на XXI століття» (*англ. Programme for the Further Implementation of Agenda 21*) [6].

У 2000 році відбувся Саміт тисячоліття ООН (*англ. United Nations Millennium Summit*), за результатами якого було схвалено Декларацію тисячоліття ООН (*англ. United Nations Millennium Declaration*). На її основі було сформульовано вісім глобальних цілей суспільного розвитку, які отримали назву Цілі розвитку тисячоліття (*ЦРТ, англ. Millennium Development Goals – MDGs*).

Вони мали переважно соціальний характер, проте одна з них була безпосередньо орієнтована на досягнення екологічної збалансованості. Так, Декларацію тисячоліття ООН підписали 189 держав-членів Організації Об'єднаних Націй, що визначило рамки спільних цінностей, принципів і ключових орієнтирів розвитку до 2015 року. Після схвалення універсальних рамок ЦРТ більшість країн світу здійснили їхню адаптацію, сформувавши національні цільові показники розвитку з урахуванням специфіки внутрішніх соціально-економічних умов [7].

Черговий етап у розвитку міжнародної політики сталого розвитку пов'язаний із Всесвітнім самітом зі сталого розвитку (*англ. World Summit on Sustainable Development – WSSD*), який відбувся у 2002 році в Йоганнесбурзі («Ріо+10»). Основними його результатами стали Йоганнесбурзька декларація зі сталого розвитку (*англ. Johannesburg Declaration on Sustainable Development*) та План виконання рішень з визначенням пріоритетів діяльності (*англ. Johannesburg Plan of Implementation – JPOI*), який окреслив п'ять основних сфер: управління водними ресурсами, розвиток енергетики, охорону здоров'я, сільське господарство та збереження біологічного різноманіття [11].

У 2012 році відбулася Конференція ООН зі сталого розвитку «Ріо+20», яка підсумувала чотири десятиліття екологічної дипломатії та започаткувала новий етап міжнародного співробітництва. Основним підсумковим документом став звіт «Майбутнє, якого ми прагнемо» (*англ. The Future We Want*), який визначив напрями реалізації зеленої економіки (*англ. Green Economy*) у контексті сталого

розвитку та викорінення бідності. У рамках конференції було започатковано процес розробки Цілей сталого розвитку (*англ. Sustainable Development Goals – SDGs*), які стали логічним продовженням Цілей розвитку тисячоліття, а також затверджено десятирічну рамкову програму сталого споживання та виробництва (*англ. 10-Year Framework of Programmes on Sustainable Consumption and Production*) [10].

У 2015 році на Саміті ООН зі сталого розвитку (*англ. UN Summit on Sustainable Development*) було ухвалено документ «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» (*англ. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*). У ньому були закріплені 17 Цілей сталого розвитку та 169 завдань, які охоплюють п'ять базових вимірів: люди, планета, процвітання, мир і партнерство. Цілі було розроблено як інтегровану та неподільну систему, що забезпечує міжсекторальну взаємодію політик і створює основу для довгострокового глобального розвитку (рис. 1.1) [11].

Етапом стратегічного значення стала Міжнародна зустріч «Стокгольм+50» (*англ. Stockholm+50*), проведена у 2022 році з нагоди 50-річчя першої Стокгольмської конференції. Її головним результатом став звіт «Стокгольм+50: розблокування кращого майбутнього» (*англ. Stockholm+50: Unlocking a Better Future*), підготовлений Стокгольмським інститутом навколишнього середовища (*англ. Stockholm Environment Institute – SEI*) та Радою з питань енергетики, довкілля та води (*англ. Council on Energy, Environment and Water – CEEW*). У ньому було підсумовано півстолітню спадщину міжнародної екологічної політики, визначено ключові напрями трансформаційних змін – розвиток екологічної освіти, підтримку інновацій, розбудову сталої економіки, посилення підзвітності та прозорості, а також відновлення багатосторонності як основи глобальної екологічної безпеки [12].

Узагальнюючи, можна зазначити, що концепція сталого розвитку має понад п'ятдесятирічну історію становлення та інституціоналізації у глобальному вимірі. Водночас на її базі поступово сформувався ширший спектр ідей і підходів, які

об'єднуються в економіці енвайроменталізму (табл. 1.1).

Так, енвайроменталізм розглядається як комплексна ідеологічна та наукова течія, що постала у відповідь на глобальну екологічну кризу та спрямована на переосмислення взаємодії суспільства і природи. У праці американського дослідника Ч. Кребса (C. Krebs) «The Ecological World View» поняття «енвайронменталізм» розглядається як міждисциплінарний напрям, спрямований на вивчення впливу людської діяльності на біологічні та хімічні системи Землі [13]. Автор підкреслює, що енвайронменталізм охоплює не лише екологію, а й інтегрує інші галузі знань, зокрема філософію, політику, кліматологію, геологію, економіку, соціологію та антропологію. Як суспільний рух він орієнтований на зменшення антропогенного навантаження на довкілля та формування цілісного підходу до взаємодії людини з природою.

У сучасному вимірі енвайроменталізм утворює альтернативу антропоцентричному світогляду, пропонуючи нову екологічну парадигму: відмову від ієрархічного сприйняття людини як «панівного виду»; визнання обмежень, що накладає біофізичне середовище; утвердження етичної рівності природи та суспільства; домінування ідеї співіснування замість експлуатації довкілля. У цьому контексті він слугує методологічним підґрунтям для подальшого розвитку економічних концепцій, зорієнтованих на гармонізацію економіки та екології.

У межах енвайроменталізму поступово виокремилися різні концептуальні підходи. Так, вже згаданий сталий розвиток слугував базовою «платформою» для інтеграції соціальних, економічних та екологічних цілей і заклав основу подальших екологоорієнтованих моделей. Наступним етапом стала екологізація економіки (*англ. Ecologization*), що набула поширення на початку 2000-х років і передбачала інтеграцію екологічних обмежень у всі рівні економічного планування. Вона зосереджувалася на мінімізації негативного впливу виробництва на довкілля, впровадженні практик превентивного зниження шкоди та технологічній модернізації виробничих процесів [11; 13-16].

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз концепцій економіки енвайроменталізму

Ознака порівняння	Сталий розвиток (Sustainable Development)	Екологізація (Ecologization)*	Зелена економіка (Green Economy)	Циркулярна економіка (Circular Economy)
<b>Пік популяризації</b>	1992 р.	2000 р.	2010 р.	2017 р.
<b>Основний діючий суб'єкт</b>	Людина переходить із категорії «об'єкт» у категорію «суб'єкт»	Людина екологізована	Людина інноваційна	Людина виступає як невід'ємна частина суспільства і природи
<b>Основний концепт</b>	Досягнення задоволення потреб нинішнього покоління при розвитку, що не чинить негативного впливу на можливість майбутніх поколінь задовольняти свої потреби	Економічний розвиток, що відповідає вимогам охорони навколишнього середовища	Модель економіки, у якій досягається високий рівень добробуту населення планети при мінімізації екологічних ризиків	Модель економіки, заснована на замкнених циклах, багаторазовому використанні ресурсів, високій ступені переробки відходів, що зменшує їх
<b>Мета</b>	Визначені 17 цілями сталого розвитку	Отримання прибутку з мінімальною шкодою для навколишнього середовища	Досягнення соціальної справедливості, підвищення добробуту, зниження екологічних ризиків	Досягнення екологічної рівноваги при стійкому економіко-соціальному зростанні добробуту населення планети за умови максимізації ефективності життєвого циклу різноман. ресурсів, товарів і послуг
<b>Основне спрямування</b>	Триадність соціальної, економічної та екологічної систем	Більша увага приділяється проблемі розподілу благ різного роду серед населення, декамплінг	Якісно нове економічне зростання (зелений ріст), забезпечений інноваційними рішеннями збалансованого та безпечного розвитку	Мінімізація (у перспективі повне скорочення) відходів виробництва й споживання; мінімізація вилучення ресурсів із природного середовища
<b>Базові принципи</b>	27 принципів задекларовано на конференції ООН у Ріо-де-Жанейро, 1992 р. і в матеріалах спеціальної сесії Генеральної Асамблеї ООН, Нью-Йорк, 1997 р.	Превентивність, безперервність, повсюдність, взаємозалежність, комплексність	Рівність і справедливість поколінь, відповідність принципам сталого розвитку, стале й ефективне використ. ресурсів, створення «зелених» робочих місць, подолання бідності, підвищ. конкурентоспром. та забезпеч. зрост. в основних галузях економіки	Розвиваються R-імперативи, найбільш ранні розробки 3R доповнені до 10R
<b>Тематика досліджень</b>	Забезпечення зростання якості життя людей у всьому його багатогранному прояві на планеті	Підтримка систем життєзабезпеч., оцінка природного капіталу, розробка інновац. інструмен. оцінки й варіатив. моделей природокорист.	Сталий розвиток, зелені інвестиції, туризм, бізнес, освіта, біомаса, вуглецеве забруднення, розвиток земельних ресурсів	Сталий розвиток і індустріалізація, збільшення життєвого циклу товарів, промисловий симбіоз, ресайклінг, замкнені ланцюги постачання
<b>Часові межі реалізації</b>	Відкриті часові рамки	Розгорнуті, не обмежені	Обмежені у часі	Обмежені у часі
<b>Кінцева глобальна ціль</b>	Стійкий стан планети й збереження життя на Землі			

Джерело: сформовано автором за матеріалами [4; 5; 9; 11; 13; 15; 16; 17; 22]

Послідовне розгортання еколого-орієнтованих підходів зумовило утвердження концепції зеленої економіки, яка отримала значний розвиток після глобальної фінансово-економічної кризи 2008-2009 років та була інституційно закріплена, як зазначалося раніше, у підсумкових документах конференції «Ріо+20». Її завданням стало поєднання економічного зростання зі зменшенням екологічних ризиків і соціальної нерівності. При цьому акцент було зроблено на впровадженні інновацій, підвищенні ресурсоефективності та створенні «зелених» робочих місць, що мали забезпечити баланс між розвитком і збереженням природного середовища.

На сьогодні завершальною фазою розвитку екологоорієнтованих концепцій вважається циркулярна економіка (*ЦЕ, англ. Circular Economy*), яка у 2010-х роках набула статусу самостійної парадигми та була інституційно закріплена у стратегічних документах Європейського Союзу й міжнародних організацій [22]. Її зміст ґрунтується на принципах замкнених циклів ресурсокористування, що передбачає мінімізацію відходів шляхом екодизайну, продовження життєвого циклу продукції, повторне залучення матеріалів у виробництво (ресайклінг, ремануфактуринг, апсайклінг), розвиток індустриального симбіозу, а також поступове відновлення природних систем. Відмінністю цієї моделі від попередніх підходів є не лише прагнення до підвищення ресурсоефективності, але й системна трансформація економічних процесів через інтеграцію інженерних, логістичних та соціальних інновацій. Стратегічна мета циркулярної економіки полягає у поєднанні економічної результативності з довгостроковим збереженням екосистем, формуванням нової культури виробництва та споживання, що зумовлює її провідну роль у сучасній глобальній екологічній політиці.

У цьому контексті постає необхідність більш заглибленого дослідження генези циркулярної економіки для кращого розуміння закономірностей її становлення та розвитку. Так, у 1966 р. американський економіст К. Боулдінг (К. Boulding) висунув концепцію, яка стала одним із перших формулювань циркулярної економіки. Її ключовим положенням було твердження про необхідність «знаходження людиною свого місця в циклічній екологічній

системі» [18]. Первісно ця ідея мала екологічну спрямованість, однак згодом вона еволюціонувала, поступово набуваючи економічного змісту на екологічних засадах. Подальший розвиток ідей відбувся у 1972 році з виходом доповіді «Межі зростання» (англ. *The Limits to Growth*), підготовленої під керівництвом Д. Медоуза (D. Meadows), де обґрунтовувалася необхідність виробництва продукції з урахуванням її повторного використання [19].

У 1976 році В. Штахель (W. Stahel) разом із Ж. Редая-Мульве (G. Reday-Mulvey) у дослідженні для Європейської комісії «Потенціал заміщення енергії людською працею» (англ. *The Potential for Substituting Manpower for Energy*) вперше деталізували концепцію замкненого циклу, яка отримала подальший розвиток у праці «Робочі місця завтрашнього дня» (англ. *Jobs for Tomorrow*). Так, акцент зосереджувався на соціально-економічних аспектах циркулярності – підвищенні конкурентоспроможності підприємств, економії ресурсів, створенні нових робочих місць і зменшенні відходів [20].

У 1990 році термін «циркулярна економіка» вперше використали Д. Пірс (D. Pearce) та Р. Тернер (R. Turner) у праці «Економіка природних ресурсів та довкілля» (англ. *Economics of Natural Resources and the Environment*), де було зазначено, що економічна система здатна мінімізувати відходи через багаторазове використання ресурсів [22].

У 1990-х роках Т. Джексон (T. Jackson) започаткував і популяризував підхід, орієнтований на превентивне управління впливом виробництва на довкілля. Ці засади були викладені у його редагованому виданні «Стратегії чистого виробництва: розвиток превентивного екологічного менеджменту в індустріальній економіці» (англ. *Clean Production Strategies: Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy*) та книзі «Матеріальні проблеми: забруднення, прибуток і якість життя» (англ. *Material Concerns: Pollution, Profit and Quality of Life*), де сформовано концептуальну основу, що згодом стала важливою складовою теоретичного підґрунтя циркулярної економіки. Паралельно активно розвивалася концепція промислової екології (англ. *Industrial Ecology*), яка передбачала використання відходів одного

виробництва як ресурсу для іншого, тим самим формуючи основи промислового симбіозу та інституціоналізації циркулярної моделі.

Таким чином, ідеї, що лежать в основі концепції циркулярної економіки, розвивалися протягом кількох десятиліть та пройшли приблизно три основні стадії свого становлення [14]:

*I етап (1970-1990 рр.).* На тлі загострення екологічних проблем у 1970-х рр. у розвинутих країнах розпочалося впровадження перших законодавчих заходів природоохоронного характеру. В політичних і ділових колах зростав інтерес до концепції «3R» (англ. *Reduce, Reuse, Recycle*) – «зменшуй споживання, повторно використовуй, переробляй». Дії, що здійснювалися на рівні держав, носили переважно обмежувальний та регуляторний характер і враховували передусім інтереси виробників. У цей період формується принцип «забруднювач платить». Основна увага приділялася управлінню відходами: впроваджувалися системи збору сміття, утилізації та перероблення відходів [22]. Проте через недостатній рівень екологічної культури та мислення в суспільстві набув поширення спрощений підхід, за якого території бідніших країн використовувалися для захоронення або переробки відходів, «експортованих» із багатших країн. У цей же час все ширше висвітлювалися у медіа екологічні катастрофи та зміни навколишнього середовища, з'являється перша наукова література, присвячена проблемам утилізації, збирання та переробки сміття.

*II етап (1990-2010 рр.).* Поштовхом до подальшого розвитку ідей циркулярності стала поява концепції стійкого розвитку (доповідь Г. Брундтланд, 1987 р.) та пов'язаних з нею економічних механізмів – зокрема, системи плати за забруднення довкілля. Екологічні проблеми починають сприйматися суспільством не лише як загроза, а і як нова економічна можливість: з'являється поняття «екологічних послуг» і цілий сектор діяльності, пов'язаний з охороною довкілля. На початку 2000-х рр., зі стрімким поширенням Інтернету та зростанням швидкості обміну інформацією, стало очевидним, що багато екологічних проблем мають глобальний характер (руйнування озонового шару, глобальне потепління тощо). Наукове співтовариство активно досліджувало можливі способи

безвідходного виробництва, проте переважно у промисловій сфері. Ідея економіки замкнутого циклу набирає популярності в академічних колах, з'являються публікації, присвячені теоретичним засадам циркулярної моделі [4].

*III етап (2010 р. - до сьогодні).* Орієнтовно з 2010 р. концепція циркулярної економіки інтегрувала найбільш життєздатні ідеї попередніх досліджень і оформилася в цілісну теорію та політику. Провідні міжнародні організації (наприклад, Фонд Еллен МакАртур (*англ. Ellen MacArthur Foundation, EMF*)) почали активно популяризувати принципи циркулярності, розробляти методичні рекомендації та бізнес-стратегії. Центральною проблемою, на яку реагує циркулярна економіка, стала загроза виживанню людства у зв'язку зі скороченням та поступовим вичерпанням критично важливих природних ресурсів, стрімким зростанням населення планети і накопиченням значних обсягів відходів [17]. Так, експерти пропонують підприємствам перебудовувати свою діяльність на основі трьох ключових принципів: впровадження зелених інновацій, переходу на відновлювані джерела енергії та зміну виробничої парадигми (перехід від масового виробництва одноразових товарів до виробництва довговічних продуктів і надання сервісів).

Слід зазначити, що в науковій літературі існують різні підходи до розуміння генезису та ступеня наукової автономності концепції циркулярної економіки. Так, у межах першого підходу основна увага зосереджується на спадкоємності: циркулярна економіка сформувалася на основі раніше прийнятих екологічних концепцій і розвиває їхні принципи з урахуванням сучасних технологічних трансформацій. Другий підхід підкреслює, що витoki концепції замкнених циклів лежать у теоріях промислового розвитку та промислової екології 1970-х років, що дає підстави трактувати циркулярну економіку як окрему концепцію, паралельну до сталого розвитку [22; 37].

Для поглибленого розкриття сутності концепції циркулярної економіки доцільним є аналіз найбільш поширених її інтерпретацій, сформованих у працях провідних науковців та міжнародних інституцій. Такий підхід дозволяє не лише

систематизувати наявні дефініції, але й виокремити ключові ідейні засади, що визначають методологічний та практичний зміст цієї концепції (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Основні трактування поняття «циркулярна економіка»

Автор	Визначення поняття «циркулярна економіка»	Акцент
1	2	3
В. Джяо, Ф. Бунс [23]	Цілісний підхід, що охоплює скорочення споживання, повторне використання та переробку у взаємопов'язаних процесах виробництва, обігу та споживання.	Системність по всьому життєвому циклу продукту
М. Гайсдорфер, П. Саведжет, Н. Бокен, Е. Хултінк [24]	Регенеративна економічна система, що мінімізує вхід ресурсів, відходи, викиди та втрати енергії через довговічний дизайн, ремонт, повторне використання, ремануфактуру і рециклінг.	Подовження життєвого циклу продуктів
Дж. Кірхерр, Д. Рейке, М. Хеккерт [25]	Економічна система, що спирається на бізнес-моделі «закриття», «звуження» та «уповільнення» потоків ресурсів для досягнення екологічної якості, економічного зростання і соціальної справедливості.	Фокус на бізнес-моделях і триєдиній меті (економіка–екологія–суспільство)
Дж. Корхонен, К. Нуур, А. Фельдманн, С. Біркі [26]	Ініціатива сталого розвитку, яка заміщує лінійні матеріальні та виробничі потоки відновлювальними, застосовуючи цикли матеріалів і каскадні потоки енергії в системах виробництва та споживання.	Каскадність потоків і промисловий симбіоз
М. Лідер, А. Рашид [27]	Підхід, спрямований на вирішення проблем відходів, ресурсодефіциту та забезпечення стійких економічних вигод через циклізацію процесів.	Практична орієнтація на зниження відходів і підвищення ресурсоефективності
А. Таккер [28]	Взаємовигідна філософія, що передбачає співіснування успішної економіки та здорового навколишнього середовища.	Баланс економічного зростання і довкілля
Н. Грегсон, М. Кранг, С. Фуллер, Г. Холмс [29]	Підхід, що прагне продовжити економічне життя товарів і матеріалів шляхом їх використання у пост-виробничій фазі. Він ґрунтується на замиканні циклів, де завершення життєвого циклу одних об'єктів стає початком існування нових.	Система, в якій відбувається подовження життя товарів і матеріалів
В. Хаас, Ф. Краусманн, Д. Віденгофер, М. Гайнц [30]	Стратегія, спрямована на зменшення як споживання первинних матеріалів, так і утворення відходів шляхом замикання економ. та еколог. циклів ресурсних потоків.	Стратегія економічної та екологічної петлі потоків матеріалів
Фонд Еллен МакАртур [17]	Промислова система, яка спланована та розроблена таким чином, щоб бути відновлювальною та регенераційною. Вона замінює концепцію «закінчення терміну експлуатації», орієнтовану на використ. віднов. енергії, виключає використання токсичних хімікатів, які перешкоджають повторному використанню, і спрямована на елімінацію відходів шляхом кращого проєктув. матеріалів, систем і продуктів у бізнес-моделях.	Відновлювальність і регенеративність системи; виключення токсичних речовин; ліквідація відходів завдяки екодизайну

## Продовження таблиці 1.2

1	2	3
М. Руда, Я. Мирка [33]	Постійний позитивний цикл розвитку, який зберігає та збільшує природний капітал, оптимізує дохідність ресурсів та мінімізує системні ризики, керуючи обмеженими запасами та поновлюваними джерелами.	Збереження природного капіталу й оптимізація ресурсів
О. Чуріканова, М. Варфоломєєв [34]	Модель, де використані матеріали переробляються або виділяються в біосферу без шкідливого ефекту	Екологічна безпечність потоків
Н. Трушкіна [35]	Економічна модель, яку засновано на технології рециклінгу промислових відходів з метою досягнення сталого функціонування бізнес-моделей у національній економіці.	Рециклінг промислових відходів для сталості бізнесу
Г. Шпакова [36]	Модель, що об'єднує більшість цілей сталого розвитку та повинна за своєю суттю поєднати зусилля населення, соціально відповідального бізнесу, держави та міжнародних установ в збереженні натуральних ресурсів планети для майбутніх поколінь за рахунок зниження споживання різних видів ресурсів та найбільш повного повторного їх використання	Об'єднання суспільства, бізнесу й держави задля збереження ресурсів

*Джерело:* сформовано автором за матеріалами [17; 23-30; 33-36]

Так, В. Джоу (W. Jiao) та Ф. Бунс (F. Boons) визначають циркулярну економіку як «цілісний підхід, що охоплює діяльності зі скорочення, повторного використання та переробки («3R») у процесах виробництва, обігу та споживання» [23]. Дж. Кірхерр (J. Kirchherr), Д. Рейке (D. Reike) та М. Хеккерт (M. Hekkert) із співавторами на основі аналізу 114 дефініцій описують ЦЕ як «економічну систему, що базується на бізнес-моделях, які замінюють концепцію “кінця життєвого циклу” стратегіями зменшення, повторного використання, переробки та відновлення матеріалів у процесах виробництва й споживання» [25]. Такий підхід реалізується на мікрорівні (продукти, компанії, споживачі), мезорівні (промислові екопарки) та макрорівні (місто, регіон, країна) з метою досягнення цілей сталого розвитку – забезпечення екологічної якості, економічного добробуту і соціальної справедливості для нинішніх і майбутніх поколінь.

У свою чергу М. Гайсдорфер (M. Geissdoerfer), П. Саведжет (P. Savaget), Н. Бокен (N. Vocken) та Е. Хултінк (E. Hultink) [24] пропонують трактування циркулярної економіки як «регенеративної системи, в якій використання ресурсів, утворення відходів, викиди та втрати енергії мінімізуються шляхом уповільнення,

звуження і замикання матеріальних та енергетичних потоків». Іншими словами, це досягається через максимально тривале використання продукції, її багаторазове застосування, ремонт, ремануфактуру та рециклінг – тобто заходи, що уповільнюють обіг ресурсів і замикають їх цикл. Аналогічно, Фонд Еллен МакАртур характеризує циркулярну економіку як індустріальну систему, спроектовану бути відновною та регенеративною за задумом [17]. Така система працює на основі відновлюваних джерел енергії, не використовує токсичних матеріалів і прагне усунути утворення відходів шляхом продуманого дизайну продуктів та процесів.

Окремий напрям у літературі пов'язує концепцію ЦЕ з теоріями промислової екології та симбіозу. Зокрема, Дж. Корхонен (J. Korhonen), К. Нуур (C. Nuur), А. Фельдманн (A. Feldmann) та С. Біркі (S. Birkie) розглядають циркулярну економіку як ініціативу сталого розвитку, яка заміщує лінійні матеріальні та виробничі потоки відновлювальними, застосовуючи цикли матеріалів і каскадні потоки енергії в системах виробництва та споживання [26].

З позицій ресурсоефективності М. Лідер (M. Lieder) та А. Рашид (A. Rashid) наголошують, що циркулярна економіка – це модель виробництва і споживання, основана на замкнутих циклах матеріальних потоків, яка дозволяє зменшити залучення первинної сировини і мінімізувати утворення відходів через повторне використання ресурсів [27]. Схожу ідею висловлюють В. Хаас (W. Haas), Ф. Краусманн (F. Krausmann), Д. Віденгофер (D. Wiedenhofer) та М. Гайнц (M. Heinz) [30], називаючи циркулярну економіку «переконливою стратегією, спрямованою на скорочення як використання первинних матеріалів, так і утворення відходів шляхом замикання економічних циклів ресурсних потоків».

Також ряд авторів підкреслюють необхідність балансу між економічними та екологічними цілями. Наприклад, А. Таккер (A. Tukker) [28] характеризує циркулярну економіку як взаємопов'язану філософію, що передбачає співіснування успішної економіки і здорового довкілля. Н. Грегсон (N. Gregson), М. Кранг (M. Crang), С. М. Фуллер (S. M. Fuller) та Г. Холмс (H. Holmes) [29] трактують ЦЕ як підхід, що прагне продовжити економічне життя товарів і

матеріалів шляхом їх використання у пост-виробничій фазі. Він ґрунтується на замиканні циклів, де завершення життєвого циклу одних об'єктів стає початком існування нових.

М. Руда та Я. Мірка [33] трактують циркулярну економіку як «постійний позитивний цикл розвитку», що зберігає та примножує природний капітал, оптимізує дохідність ресурсів і мінімізує системні ризики шляхом керування обмеженими запасами й поновлюваними джерелами. О. Чуріканова та М. Варфоломеев [34] підкреслюють екологічну безпечність потоків: використані матеріали повинні або повертатися у виробництво, або безпечно входити до біосфери. Н. Трушкіна [35] розглядає циркулярну економіку як економічну модель, засновану на технологіях рециклінгу промислових відходів, орієнтовану на сталу життєздатність бізнес-моделей на національному рівні. Г. Шпакова [36] наголошує на тристоронньому партнерстві «суспільство-бізнес-держава» задля збереження природних ресурсів і максимізації повторного використання.

Зіставлення різних визначень показує, що циркулярна економіка є багатовимірним поняттям, яке охоплює технологічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти. Більшість дослідників відзначають, що ключова сутність ЦЕ – циклічність ресурсопотоків у господарстві, повторне використання та відновлення матеріалів і енергії. Водночас одні автори наголошують на технологічних інноваціях та нових бізнес-моделях, інші – на екологічних перевагах (зниження навантаження на довкілля), треті – на економічних вигодах (ефективність, нові ринки) чи соціальних ефектах (якість життя, участь споживачів). Це свідчить про міждисциплінарний характер концепції циркулярної економіки.

Таким чином, на основі узагальнення наукових концепцій та результатів досліджень можна запропонувати авторське визначення: *циркулярна економіка – економічна модель відтворення, у межах якої процеси проектування, виробництва, обігу та споживання організуються таким чином, щоб матеріальні й енергетичні ресурси максимально довго зберігалися в господарському обігу через продовження життєвого циклу продукції та багаторазове залучення*

сировини, а обсяги відходів і потреба у первинних ресурсах мінімізувалися завдяки застосуванню замкнених та регенеративних циклів, що забезпечують зниження антропогенного навантаження та підтримання екологічної стійкості економічного розвитку.

Окрім того, розвиток концепції циркулярної економіки доцільно простежувати через поступове розширення сигнатури R, покладеної в основу ієрархії циркулярних стратегій (рис. 1.2). Як зазначалося раніше, вихідним форматом стала трикомпонентна модель «3R» (англ. *Reduce, Reuse, Recycle*), яка відображала першу хвилю переосмислення політики управління відходами.

Рациональне використання та виробництво продукції	<b>R0</b>	Відмова (англ. <b>Refuse</b> )	Зробити продукт непотрібним, відмовившись від його функції або запропонувавши ту саму функцію за допомогою принципово іншого продукту.
	<b>R1</b>	Переосмислення (англ. <b>Rethink</b> )	Зробити використання продукту більш інтенсивним (наприклад, через спільне користування або виведення на ринок багатфункціональних продуктів).
	<b>R2</b>	Скорочення (англ. <b>Reduce</b> )	Підвищити ефективність виробництва чи використання продукту за рахунок меншого споживання природних ресурсів.
Подовження строку служби продукту та його частин	<b>R3</b>	Повторне використання (англ. <b>Reuse</b> )	Повторне використання іншим споживачем відпрацьованого продукту, який перебуває в задовільному стані та зберігає початкову функцію.
	<b>R4</b>	Ремонт (англ. <b>Repair</b> )	Ремонт і технічне обслуговування дефектного продукту, щоб він міг і далі використовуватися за первісним призначенням.
	<b>R5</b>	Оновлення (англ. <b>Refurbish</b> )	Відновити старий продукт і привести його у сучасний стан.
	<b>R6</b>	Ремануфактура (англ. <b>Remanufacture</b> )	Використати частини списаного продукту в новому продукті з тією самою функцією.
	<b>R7</b>	Перепризначення (англ. <b>Repurpose</b> )	Використати списані продукти або їх частини в новому продукті з іншою функцією.
Корисне застосування матеріалів	<b>R8</b>	Переробка (англ. <b>Recycle</b> )	Обробити матеріали для отримання тієї самої (високої) або нижчої (низької) якості.
	<b>R9</b>	Відновлення (англ. <b>Recovery</b> )	Спалювання матеріалу з одержанням енергії.

Рисунок 1.2 – Схема ієрархії циркулярних стратегій «9R»

Джерело: сформовано автором за матеріалами [31]

У подальших дослідженнях було запропоновано розширені схеми, що деталізують інструменти збереження цінності ресурсів і підвищують керованість циркулярних процесів. Так, у моделі «6R» (*англ. Reduce, Reuse, Recycling, Recover, Redesign, Remanufacturing*) циркулярність посилюється за рахунок включення стратегій відновлення, перепроєктування та ремануфактурингу, що дає змогу не лише повертати матеріали в обіг, а й модифікувати самі продукти та процеси з урахуванням вимог ресурсоефективності та екодизайну [31; 32].

В ієрархії «9R/10R» (*англ. Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, Recover*) запропоновано випереджальні стратегії верхнього рівня – відмову та переосмислення, а також проміжні форми продовження життєвого циклу (ремонт, оновлення, перепрофілювання), що зміщує акцент з управління відходами на попередження їх виникнення та максимальне збереження функціональної цінності продукту протягом усього життєвого циклу (рис. 1.2) [31; 32]. У такій послідовності найвищі рівні (Refuse, Rethink) забезпечують найбільший внесок у досягнення цілей циркулярної економіки, тоді як нижчі рівні (Recycle, Recover) виконують підтримувальну, компенсаторну функцію у випадках, коли збереження первинної корисності вже є неможливим.

При цьому, на думку П. Морселетто (P. Morsetto), взаємодія стратегій у межах «9R/10R» має подвійний характер. По-перше, фіксуються синергійні (підсилювальні) зв'язки: цілі, що задаються на етапі проектування, щодо розбирання виробу, стандартизації матеріалів, ремонтпридатності – безпосередньо підвищують ймовірність реалізації стратегій подовження життєвого циклу, насамперед Repair, Refurbish, Remanufacture та Reuse; цілі на трансформацію моделей споживання (сервісні моделі, спільне користування, підвищення інтенсивності використання) звужують потік матеріалів, який надходить на переробку [32].

По-друге, можливі антагоністичні зв'язки: завищені або суто масові нормативи з переробки й відновлення (*англ. Recycle, Recovery*), не пов'язані з вимогами до дизайну та подовження строку служби, можуть фактично

конкурувати з програмами ремонту, оновлення чи повторного використання, «перетягуючи» продукт на нижчі рівні ієрархії раніше, ніж це обумовлено його технічною або економічною зношеністю. У зв'язку з цим автор підкреслює необхідність такого конструювання системи цілей, за якого цілі нижнього рівня мають характер мінімально необхідних і не підміняють пріоритети верхнього та середнього рівнів, а виконують функцію завершального етапу циркулярного циклу (рис. 1.3) [32].

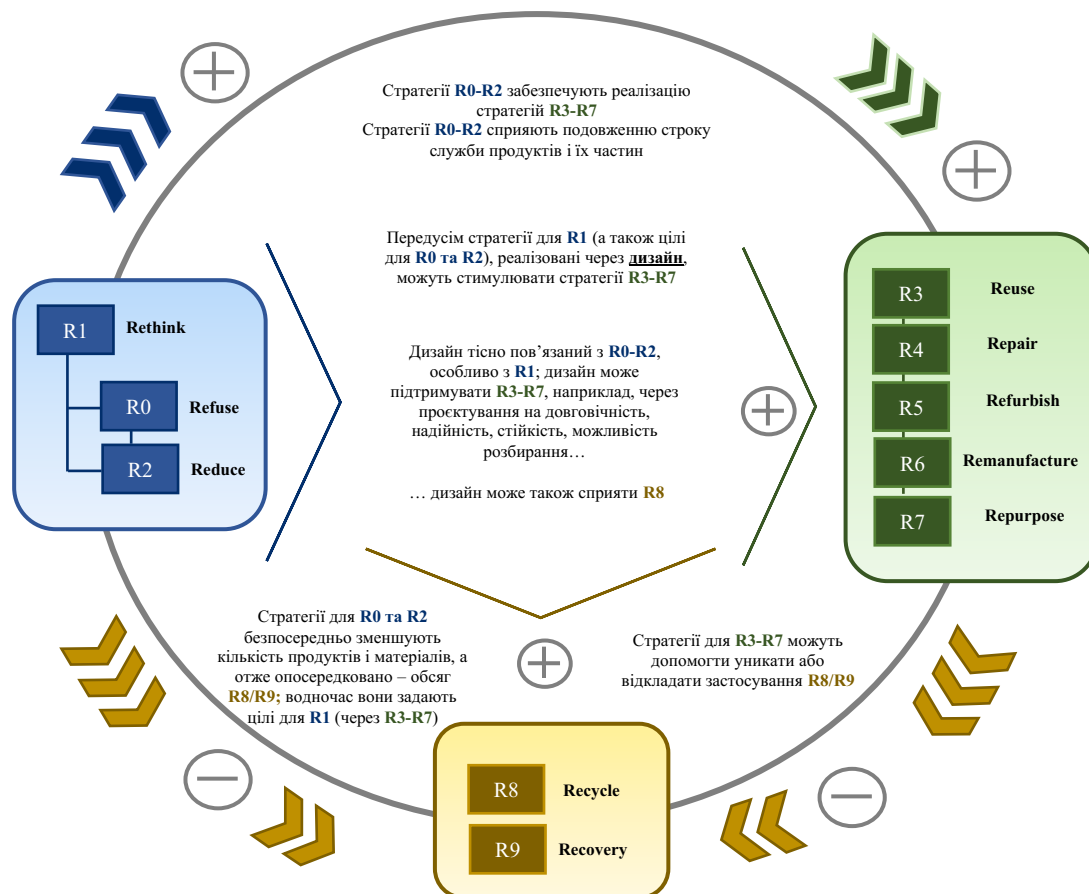


Рисунок 1.3 – Пріоритизація R-стратегій у циркулярній економіці

Джерело: сформовано автором за матеріалами [31; 32; 38]

Як зазначалось раніше, Фонд Еллен МакАртур (*англ. Ellen MacArthur Foundation, EMF*) послідовно розглядає циркулярну економіку як систему відновлювального типу, у якій збереження вартості продуктів, матеріалів і ресурсів досягається не за рахунок нарощування видобутку, а через переорієнтацію дизайну, виробництва й споживання на багаторазове використання. Фонд виходить з того, що перехід до економіки замкненого циклу

не може бути результатом лише окремих бізнес-практик: він потребує узгодженої участі підприємств, органів влади, міст, наукових установ та інноваційних структур, а також надання їм уніфікованих методичних інструментів для проектування продуктів, ланцюгів поставок і політик [17].

Однією з наукових розробок фонду є найбільш поширена та повна за змістом модель циркулярної економіки, яка ґрунтується на розмежуванні двох циклів обігу матеріалів – біогенного та техногенного (рис. 1.4). Біогенний цикл охоплює органічні матеріали, що після використання можуть бути безпечно повернуті в природні системи (грунт, водні об'єкти) через біологічні процеси, забезпечуючи відновлення природного капіталу. Техногенний цикл ж стосується неорганічних (штучних) матеріалів і спрямований на якомога довше збереження їхніх споживчих властивостей за допомогою послідовних стратегій: технічного обслуговування й подовження строку служби (*англ. maintain/prolong*), повторного використання чи перерозподілу продукції (*англ. reuse/redistribute*), відновлювального ремонту продукції та/або відновлення компонентів (*англ. refurbish/remanufacture*), а також рециклінгу з різними глибинами обробки (*англ. upcycling, functional recycling, downcycling*). Ключовим правилом є пріоритет «ближчих» циклів: що менше коло повторного обігу проходить виріб, то більше зберігається первісна вартість, ресурсо- та енергомісткість його виробництва [17].

Окрім того, експерти EMF визначають чотири базові джерела створення вартості в циркулярних бізнес-моделях: 1) потенціал внутрішнього кола – мінімізація змін у виробі та швидке повернення його в обіг, що знижує витрати матеріалу, енергії й капіталу; 2) потенціал тривалості обороту – максимізація кількості циклів використання без втрати функціональності; 3) потенціал каскадного використання – послідовне застосування матеріалу в різних ланцюгах створення вартості; 4) «потенціал чистого циклу» – використання нетоксичних, біорозкладних і стандартизованих матеріалів, що забезпечують якісний рециклінг. Сукупна реалізація цих механізмів спрямована на збереження економічного, природного та соціального капіталу.

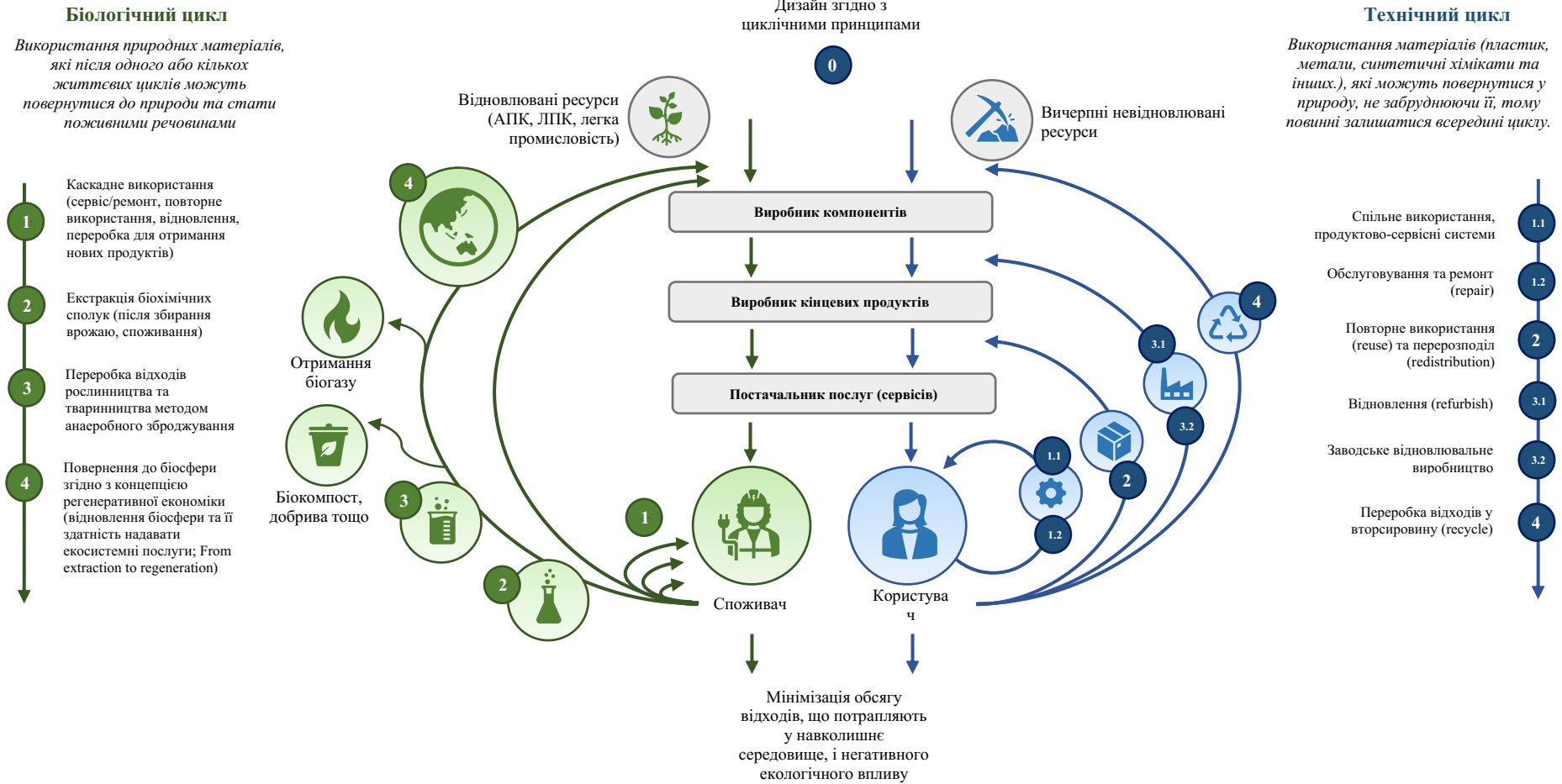


Рисунок 1.4 – Модель циркулярної економіки

Джерело: [17]

Проте необхідно зазначити, що наразі у дослідженнях EMF фіксується системна проблема: у більшості країн спостерігається розрив між темпами вдосконалення виробничих технологій і рівнем розвитку технологій рециклінгу відходів. Так, з'являється принципова вимога – передбачати способи та операції майбутнього розділення й повернення матеріалів у обіг одночасно з розробкою самої технології. За цієї умови накопичені відходи можуть розглядатися не як кінцевий залишок, а як вторинне джерело матеріалів для компенсації виснаження природних родовищ, що відповідає стратегічній меті економіки замкненого циклу – відриву економічного зростання від ресурсної залежності.

Отже, еволюція економічних підходів від лінійної моделі до концепції циркулярності, стала інституційною відповіддю на виклики нової індустріальної епохи та поглиблення глобальної екологічної кризи. Циркулярна економіка постала як інтегративна міждисциплінарна парадигма, що синтезує технологічні можливості Індустрії 4.0 з пріоритетами сталого розвитку. На відміну від попередніх еколого-орієнтованих підходів, зокрема концепцій екологізації та зеленої економіки, циркулярна модель пропонує комплексний практичний інструментарій для досягнення балансу між економічним зростанням і збереженням природного середовища. У сучасних умовах вона поступово утверджується як провідний вектор економічної теорії та політики розвитку, закладаючи засади для довгострокового, інклюзивного та екологічно обґрунтованого прогресу людства.

## **1.2 Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку циркулярної економіки**

У науковому дискурсі кризові явища у світовій економіці доцільно розмежовувати на циклічні та структурно-системні. Циклічна криза, як правило, фіксує фазу спаду в межах відносно стабільної інституційної та технологічної конфігурації: вона пов'язана з коливаннями сукупного попиту, кредитною

експансією/стисненням, перегрівом окремих ринків і подальшою коротко- або середньостроковою корекцією. Натомість системна криза світового господарства відображає порушення відтворювальних механізмів не в одному секторі чи ринку, а одночасно в кількох взаємопов'язаних підсистемах (виробництво – міжнародна торгівля – фінанси – інституції – соціальна сфера – природно-ресурсні та екологічні обмеження). У такій логіці криза набуває характеру режиму функціонування, коли зростає частота й сила шоків, поглиблюються структурні дисбаланси, а економічні агенти діють у середовищі підвищеної невизначеності, що формує тривалу зміну «правил гри» та пріоритетів економічної політики.

Системна криза є відмінною не лише масштабом втрат, а насамперед механізмом розгортання. Якщо для циклічних спадів типовим є відносно локалізований імпульс (наприклад, зниження інвестицій або корекція активів) і подальше відновлення в межах усталених правил, то системна криза має каскадну (ланцюгову) природу: шок у одній підсистемі транслюється в інші через торговельні, фінансові, технологічні та інституційні канали, підсилюючи загальну нестійкість. Важливо, що в сучасній економіці такі механізми передачі підкріплюються фінансизацією, високою залежністю від боргу, концентрацією в глобальних ланцюгах створення вартості та взаємозалежністю ринків критичних ресурсів.

У цьому контексті вагомого пояснювального значення набуває концепція фінансового циклу, яка демонструє, що коливання кредиту й цін активів можуть бути довшими та амплітудно сильнішими, ніж звичайний діловий цикл, і здатні формувати затяжну фазу «післякризової» слабкості через боргову інерцію, деградацію інвестицій та зниження продуктивності [39; 41; 62]. Це означає: навіть коли формально відновлюються темпи ВВП, якість зростання може погіршуватися (вища вразливість, нерівність, інфляційні/боргові ризики, дефіцит інвестицій у довгострокову модернізацію), що корелює з дискусіями про «секулярну стагнацію» та структурні обмеження відтворення [40].

Узагальнюючи, до базових маркерів системної кризи доцільно віднести:

– багатоканальність і взаємопосилення шоків (фінансові, енергетичні,

логістичні, соціальні, кліматичні);

– тривале зниження потенціалу зростання та погіршення його структури (зміщення від продуктивних інвестицій до короткотермінового виживання й управління ризиками) [40; 43];

– перегляд інституційних режимів (торговельних, фінансових, регуляторних) і посилення гео економічної фрагментації [46];

– розширення «зони ризику» для держав, бізнесу та домогосподарств унаслідок невизначеності й частих змін правил доступу до ринків, ресурсів і фінансування [42; 53].

Історично системні прояви кризовості світового господарства доцільно трактувати як хвилі структурної перебудови, коли відбувається переузгодження технологічної бази, енергетичного забезпечення, фінансової архітектури та інституційних правил міжнародної взаємодії. Переломним етапом часто визначають 1970-ті роки, коли поєднання енергетичних шоків, інфляційного тиску та трансформації валютно-фінансового порядку спричинило зміну умов глобальної конкуренції, підходів до макроекономічної стабілізації та логіки промислового розвитку. Подальший період 1980-1990-х років поглибив боргову та фінансову вразливість значної групи країн і посилив асиметрії розвитку, формуючи «структурні тіні» майбутніх криз через нерівний доступ до капіталу, технологій і високододаної вартості.

Глобальна фінансова криза 2008-2009 рр. стала рубежем, після якого дискусія про кризу дедалі частіше фокусується не на разових збоях, а на системній здатності фінансової глобалізації транслювати локальні дисбаланси у світові потрясіння та обмежувати автономію політики через «глобальний фінансовий цикл» [41]. Подальша фаза характеризувалася тривалою слабкістю інвестицій, накопиченням боргів, зростанням нерівності та інституційною напругою навколо розподілу витрат і вигод глобалізації, що підсилювало ризики «пастки низького зростання» [40; 43].

На початку 2020-х років системна кризовість набула рис комплексної «полікризи» (*англ. polycrisis*) – ситуації, у якій множинні кризи не просто

співіснують, а взаємно зчіплюються через спільні структурні напруження, «ефекти доміно» та міжсистемні зворотні зв'язки [52]. Це має принципове методологічне значення: системна криза постає не як «один центр» (наприклад, фінансовий), а як мережа взаємопов'язаних дисбалансів, де управлінські рішення в одній сфері можуть генерувати побічні ефекти в інших (наприклад, антиінфляційна політика → дорожче фінансування → інвестиційний спад → слабша модернізація → нижча стійкість до ресурсних і кліматичних шоків).

Аналітичні огляди підкреслюють, що ландшафт ризиків стає дедалі більш фрагментованим, а виклики одночасно охоплюють геополітичний, екологічний, технологічний і соціально-економічний виміри [42]. Таким чином, системна криза у 2020-х роках може бути концептуалізована як режим підвищеної турбулентності, у якому посилюються ризики розривів ланцюгів постачання, шоків цін і регуляторних режимів [43; 46].

Сьогодні системна криза світового господарства набуває виразної структурної багатовимірності: її зміст не зводиться до окремого «провалу» попиту чи фінансової турбулентності, а проявляється як одночасне посилення взаємопов'язаних дисбалансів, які взаємно підживлюють один одного (рис. 1.5). Ключовим моментом є те, що світова економіка дедалі більше функціонує в режимі вразливого відтворення, де навіть відносно помірні потрясіння можуть призвести до значних втрат через мережеві канали передачі ризиків.

Передусім, системна кризовість фіксується через *макроекономічну слабкість і нестійкість траєкторії зростання*. Аналітичні оцінки глобальної динаміки вказують на ризик закріплення нижчого потенціалу зростання і зростання чутливості до торговельних бар'єрів та політичної невизначеності [43]. Основний висновок полягає в тому, що за таких умов навіть помірні шоки (тарифні, логістичні, енергетичні) швидко трансформуються у втрати виробництва, зайнятості та доходів, оскільки економіки входять у спад із вже ослабленими інвестиційними та структурними позиціями.



Рисунок 1.5 – Системна криза світового господарства як рушій розвитку циркулярної економіки: канали тиску, прояви та циркулярні антикризові відповіді

Джерело: сформовано автором за матеріалами [43-45; 46-51; 53; 64].

На цьому тлі загострюється *фінансово-борговий* вимір системної кризи. Після пандемічних заходів макроекономічної підтримки та подальших хвиль шоків зросли витрати на обслуговування боргу та чутливість боргових траєкторій

до поєднання слабшого зростання й несприятливих фінансових умов [44]. Принципово важливим є те, що боргова інерція звужує простір антициклічної політики, а отже ускладнює підтримку довгострокових програм модернізації та «пом'якшення» соціальних наслідків трансформацій без продукування нових дисбалансів. Додатково посилюються ризики рефінансування в середовищі вищих ставок, а зростання ролі боргових ринків підвищує інвестиційну вибірковість і скорочує горизонт стратегічного планування [45]. Основний акцент полягає в тому, що фінансові умови перетворюються на структурний обмежувач розвитку, а не лише на тимчасовий «фактор циклу».

Водночас сучасна системна криза дедалі чіткіше проявляється як *геоекономічна фрагментація*, тобто перегляд режимів взаємозалежності та правил доступу до ринків і технологій. Посилення торговельних обмежень, політизація технологічних і ресурсних ланцюгів, зростання ризиків «економічного примусу» та сегментація фінансових потоків формують нову структурну реальність для держав і бізнесу [46]. Ключове тут полягає в тому, що фрагментація не лише підвищує транзакційні витрати, а й змінює конфігурацію міжнародної спеціалізації: зростає ризик дублювання виробничих потужностей (із втратами ефективності), а також посилюється залежність від обмеженого кола постачальників у критичних сегментах.

У цьому контексті особливої ваги набуває *вразливість глобальних ланцюгів постачання*, яка стала однією з найпомітніших структурних ознак 2020-х років. Пандемія та подальші геополітичні напруження показали, що ефективність, досягнута через гіперглобалізовану оптимізацію, може конвертуватися у крихкість, коли порушення постачання в окремих вузлах швидко запускає ланцюгові збої. Дослідження глобальних ланцюгів вартості доводять, що шоки пропозиції й інституційні обмеження здатні швидко порушувати доступ до критичних товарів та компонентів, змінюючи критерії економічної безпеки і пріоритети промислової політики [47]. Основний висновок полягає в тому, що підвищується цінність стратегій скорочення матеріальної залежності, диверсифікації, локалізації окремих циклів і розвитку зворотних потоків ресурсів

як інструментів зниження вразливості.

Далі системна кризовість поглиблюється через *ресурсно-енергетичний контур*, що характеризується волатильністю, проблемами безпеки постачання та інфляційним тиском. Особливо показовим є те, що для «чистих» технологій критичне значення мають окремі мінерали та матеріали, ланцюги постачання яких є концентрованими й уразливими, формуючи нові вузли гео економічної залежності [48]. Важливим є те, що ресурсна напруженість підвищує стимули до зростання ресурсної продуктивності, зниження матеріало- та енергоємності та переорієнтації на моделі, які зменшують потребу у первинній сировині.

Паралельно посилюється *екологічно-кліматичний вимір* системної кризи, який задає жорсткі обмеження «простору» для подальшого лінійного зростання. У зведеному звіті шостого оціночного циклу Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (*англ. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) підкреслюється, що зміна клімату вже спричиняє широкі впливи та ризики для природних і соціально-економічних систем [49]. Додатково, оновлення рамки «планетарних меж» засвідчує вихід людства за межі безпечного функціонування за більшістю ключових параметрів, що означає зростання системних екологічних ризиків і втрат стійкості [50]. Ключовий висновок полягає в тому, що екологічний фактор перестає бути зовнішнім обмеженням і перетворюється на елемент економічної структури: через регуляторні вимоги він змінює структуру витрат, конкурентні умови й інвестиційні пріоритети, що, у свою чергу, взаємодіє з фінансовими та торговельними каналами кризовості.

Не менш значущим є *соціально-інституційний вимір*, який визначає межі політичної реалізованості трансформацій. Системна криза посилює поляризацію та чутливість суспільств до розподілу витрат змін. Аналітичні оцінки людського розвитку вказують на поглиблення розривів між країнами та всередині країн і підвищення політичної ціни реформ, якщо вони сприймаються як перенесення витрат на домогосподарства із середніми та нижчими доходами [51; 53]. Основний акцент полягає в тому, що без врахування соціальної справедливості та довіри до інституцій навіть технічно обґрунтовані реформи можуть супроводжуватися

хвилями спротиву, що підсилює нестабільність і ускладнює довгострокове планування.

Зрештою, системна криза має виразний й *інституційно-управлінський вимір*, оскільки держави дедалі частіше діють у контексті «перманентної кризи» (англ. «*permacrisis*») – стану, коли одночасні шоки вимагають паралельних управлінських реакцій, скорочують горизонт планування та підвищують потребу в адаптивності [53]. Ключова теза полягає в тому, що криза стає не епізодом, а середовищем: змінюється логіка політичних пріоритетів – від оптимізації ефективності до забезпечення сталості, управління ризиками та підтримки структурних перетворень.

У таких умовах перехід до циркулярної економіки набуває значення антикризової стратегії стійкості, оскільки спрямований на:

- зменшення залежності від первинної сировини та імпортованих ресурсів;
- зниження чутливості до цінових і логістичних шоків завдяки розвитку повторного обігу, ремонту, відновлення та сервісизації;
- скорочення втрат матеріальної цінності як прихованого «витоку» потенціалу зростання;
- формування нових сегментів зайнятості та локальної економічної активності у сферах продовження життєвого циклу продуктів і компонентів;
- узгодження економічних стимулів із кліматичними та екологічними обмеженнями, що стають жорсткішими у середньо- та довгостроковій перспективі [49-51].

З огляду на це, структурні характеристики системної кризи доцільно демонструвати через конфігурацію матеріальних потоків, оскільки саме вони відображають глибинні параметри відтворення, масштаби втрат ресурсної цінності та ступінь залежності від первинного видобутку в сучасному світовому господарстві [54].

Так, у звіті «Розрив циркулярності 2025» (англ. *Circularity Gap Report 2025*), підготовленому аналітичним центром Circle Economy, показано, що у 2021 р. до світової економіки надійшло 106,1 млрд тонн перероблених матеріалів, тоді як

«перероблений вихід» становив 65,7 млрд тонн; у його складі 43,5 млрд тонн припадає на викиди в повітря, а 19,1 млрд тонн – на тверді та рідкі відходи [55]. Водночас частка вторинних матеріалів у вхідному потоці становила лише 6,9%, а частка матеріалів, що спрямовуються на рециклінг, – 11,2% [55]. Така структура потоків засвідчує домінування лінійної моделі використання ресурсів, наявність стійких «витоків» матеріальної цінності та відтворення залежності від первинного видобутку, що підвищує чутливість економічних систем до цінових, логістичних і регуляторних шоків.

Ресурсний вимір системної кризи додатково підтверджується довгостроковими прогнозами. Програма ООН з навколишнього середовища (*англ. United Nations Environment Programme, UNEP*) у звіті «Глобальний прогноз ресурсів 2024» (*англ. Global Resources Outlook 2024*), зазначає, що без термінових і узгоджених змін до 2060 р. видобуток ресурсів може зрости на 60% порівняно з рівнем 2020 р. [56]. Додатковим структурним чинником є глобальна нерівність матеріального споживання: за оцінками UNEP, країни з високими доходами використовують приблизно у 6 разів більше ресурсів на особу та формують приблизно у 10 разів більший кліматичний вплив на особу, ніж країни з низькими доходами, що посилює дисбаланси та асиметрію ризиків у глобальній економіці [57].

У цих умовах циркулярна економіка набуває значення не як «екологічний тренд», а як антикризова стратегія стійкості: вона орієнтована на зниження залежності від первинної сировини через повернення матеріалів у господарський обіг, зменшення волатильності витрат і ризиків постачання завдяки коротшим циклам використання, а також підвищення продуктивності матеріалів шляхом подовження строку служби продуктів і компонентів.

У контексті системної кризи принциповою є, розглянута у попередньому підпункті, ієрархічність R-стратегій, оскільки вона дає змогу зіставляти інструменти за антикризовою результативністю: найвищий потенціал мають «короткі цикли» утримання вартості (ремонт, повторне використання, відновлення), що зберігають функцію продукту та значну частину вбудованої

вартості й зменшують залежність від первинних ресурсів та нестабільних поставань [58; 59]. Натомість «довші петлі», передусім рециклінг, переважно працюють на матеріальному рівні, супроводжуються більшими втратами вбудованої вартості та, як правило, вищою ресурсо- й енергоємністю повернення матеріалу у виробництво [27; 58; 59].

Для пояснення того, чому в умовах системної кризи інструменти циркулярної економіки переходять із площини «бажаних» у площину економічно необхідних, доцільно застосовувати причинно-наслідкову рамку, яка поєднує макроекономічні умови, стимули економічних агентів та практичні механізми утримання вартості. Таку функцію може виконувати запропонований *кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+)*, який відображає послідовність взаємодії чотирьох блоків: «А» – канали кризового тиску; «В» – трансформація стимулів і параметрів прийняття рішень; «С» – вибір інструментів циркулярної економіки за ієрархією утримання вартості; «D» – очікувані результати, що формують вимірювані ефекти у сфері ресурсної безпеки, стійкості ланцюгів поставання та продуктивності матеріалів. Важливою відмінністю цієї рамки є включення «Е» – системи показників верифікації та «F» – блоку емпіричного дизайну, що створює умови для переходу від концептуального опису до перевіреної аналітичної моделі (рис. 1.6) [58; 59].

У КЦМУВ+ системна криза інтерпретується як зсув стимулів, що діє через чотири канали: ресурсно-ціновий (підвищує вигідність збереження продукту/компонентів), ризиків поставання (диверсифікація, зворотна логістика), регуляторно-екологічний (вимоги до довговічності, ремонтпридатності і прозорості потоків) та фінансовий (обмеження капіталу підсилюють значущість ресурсної продуктивності).

Таким чином, блок «В» формує перехід до вибору інструментів через нову структуру цін: зростає «ціна лінійності», премія за надійність і роль сервісних моделей, де цінність визначається підтриманням функції продукту протягом життєвого циклу [58; 59]. Блок «С» задає ієрархію утримання вартості: пріоритет – ремонт, повторне використання, відновлення та ремануфактуринг;

рециклінг – резервний варіант, що втрачає більше вбудованої цінності й узгоджується з моделлю циркулярної економіки [27; 58; 59].

Результативний блок «D» у межах КЦМУВ+ має подвійний зміст. З одного боку, він описує економічні ефекти переходу: підвищення ресурсної безпеки, зниження волатильності витрат, підвищення стійкості ланцюгів постачання та конкурентоспроможності через продуктивність матеріалів. З іншого боку, задає вимогу вимірюваності: ці результати мають бути підтверджені через систему ключових показників ефективності (англ. key performance indicators, KPI) та пов'язані з конкретними механізмами «C».

Саме тому в КЦМУВ+ виокремлено блок «E», який містить набір індикаторів, придатних для емпіричної перевірки інтенсивності коротких циклів та їх зв'язку з кризовими стимулами.

До таких індикаторів належать: частка вторинних матеріалів у вході економіки та параметри потокової циркулярності на макрорівні [55]; показники інтенсивності процесів утримання вартості на рівні продуктів і компонентів [58; 59]; а також індикатори ремонтпридатності, доступності запчастин і технічної інформації, що відповідають логіці регуляторного стимулювання довговічності та ремонту [60; 61].

Блок «F» доповнює модель інструментами емпіричної ідентифікації зв'язків між компонентами схеми, зокрема через панельні оцінки, квазіекспериментальні дизайни або структурні моделі, що забезпечує дослідницьку відтворюваність і можливість статистичної верифікації причинних гіпотез.

Функціональна особливість схеми КЦМУВ+ (рис. 1.6) полягає в тому, що вона описує перехід до циркулярної економіки не як одноразове впровадження окремих практик, а як керований контур із вбудованими зворотними зв'язками між результатами, вимірюванням і корекцією рішень. У такій логіці циркулярність постає як система управління матеріальною ефективністю: інструменти коротких циклів утримання вартості формують результати (блок D), які мають бути зафіксовані через систему показників (блок E), а отримані значення KPI слугують основою для уточнення параметрів стимулювання (блок

В) та масштабування або корекції інструментів (блок С). Саме наявність цього контуру дає можливість перейти від «концепції» до інституційно та управлінськи відтвореного механізму, де ефекти підкріплюються вимірюваними змінами у потоках, продуктивності та стійкості.

У практичному вимірі зворотні зв'язки реалізуються через два взаємодоповнювальні канали. *Перший канал: результати → масштабування*, якщо впровадження коротких циклів дає статистично та операційно фіксовані ефекти (зниження витрат життєвого циклу, скорочення простоїв), тоді зростає готовність підприємств інвестувати у дизайн для ремонту, сервісну інфраструктуру та зворотну логістику, а держави – розширювати інструменти підтримки (стандартизація, інформування споживачів, вимоги довговічності).

*Другий канал: KPI → корекція*, якщо вимірювання демонструє слабку динаміку інтенсивності коротких циклів або високі втрати на етапі збирання/сортування/повернення виробів, це означає наявність інституційних або ринкових «вузьких місць», що потребують зміни параметрів стимулювання (регуляторних вимог, економічних стимулів, стандартів якості, механізмів відповідальності виробника) та перегляду архітектури інструментів [60; 61; 63].

На рівні операціоналізації доцільно розрізнати *три групи KPI*, які відповідають різним рівням причинного ланцюга та забезпечують коректність інтерпретації. *Перша група – структурні показники потоків (E1)*, що відображають макrorівневу конфігурацію матеріального обігу: частка вторинних матеріалів у вході економіки, масштаби повернення у цикл, співвідношення «входів» і «виходів» у вигляді відходів та викидів [55].

*Друга група – показники інтенсивності утримання вартості (E2)*, які є центральними для антикризової логіки, оскільки вони прямо характеризують, яка частка продуктів або компонентів проходить ремонт, повторне використання, відновлення чи відтворення виробу до стану, еквівалентного новому, і як змінюється питома вага цих процесів у загальній структурі відновлення ресурсів.

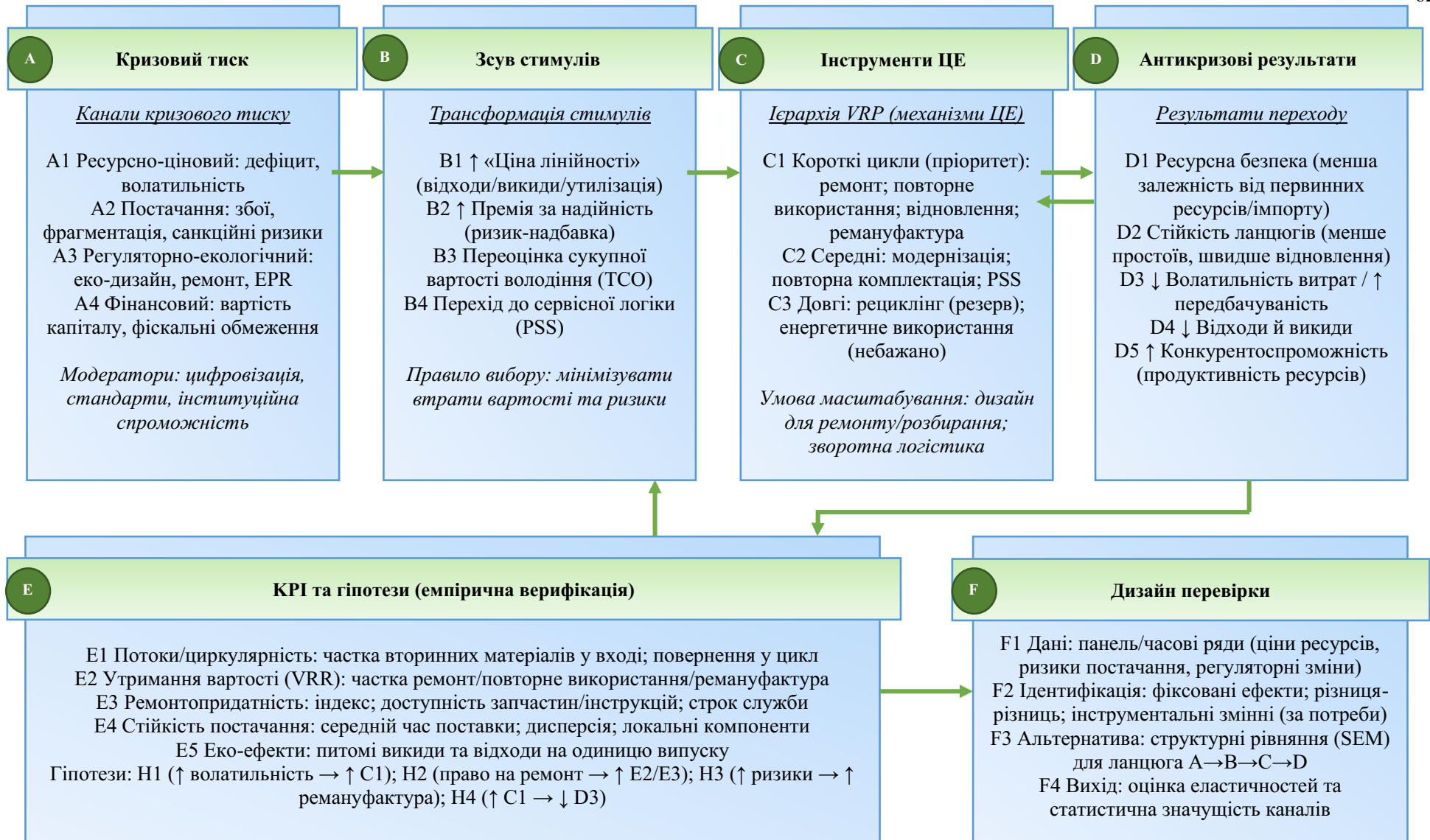


Рисунок 1.6 – Кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+)

Джерело: сформовано автором за матеріалами [27; 58-61; 63; 267]

Саме E2 дозволяє емпірично перевіряти гіпотези про те, що зростання ресурсної волатильності або ризиків постачання веде до зміни управлінських пріоритетів на користь коротких циклів, а не лише до збільшення операцій рециклінгу.

*Третя група – інституційно-ринкові показники умов переходу (E3–E4), які фіксують не лише результат, а й здатність системи підтримувати короткі цикли. До них належать індикатори ремонтпридатності, доступності запчастин, технічної документації, строків гарантійної підтримки та інших параметрів, що визначають реальну здійсненність ремонту й відновлення [60; 61].* Доповнювально до них використовуються показники стійкості постачання (час поставки, його варіація, частка локальних компонентів), які відображають, наскільки інструменти утримання вартості знижують вразливість ланцюгів і чи справді перехід набуває антикризової функції.

Методично важливим є те, що КРІ у контурі КЦМУВ+ не можуть трактуватися ізольовано: для коректної оцінки результативності потрібне узгодження показників за рівнями. Наприклад, зростання частки рециклінгу саме по собі не означає зміцнення стійкості, якщо при цьому не зростають показники E2 (короткі цикли), а E3 (ремонтпридатність) залишається низьким. Аналогічно, позитивна динаміка ремонтпридатності без розвитку зворотної логістики та ринків вторинних компонентів може не трансформуватися у відчутні антикризові результати. Тому контур переходу доцільно розглядати як систему, де показники виступають не лише інструментом контролю, а й механізмом налаштування інституційної архітектури коротких циклів утримання вартості.

Для обґрунтованого вибору інструментів циркулярної економіки в умовах системної кризи доцільно застосувати *зважене багатокритеріальне оцінювання (англ. Simple Multi-Attribute Rating Technique, SMART)*, яке дозволяє зіставляти альтернативи за здатністю утримувати вбудовану вартість і знижувати кризові ризики. У цьому контексті пропонується використовувати інтегральний *показник антикризового потенціалу утримання вартості (АПУВ)*, який відображає сукупну результативність інструмента за набором критеріїв:

$$\text{АПУВ}( ) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot G_i, \quad (1.1)$$

де – інструмент циркулярної економіки (наприклад, ремонт, повторне використання, відновлення/оновлення виробу, відтворення виробу до стану «як новий», рециклінг);

– нормована оцінка за критерієм  $i$ ;

– вага критерію.

Ваги інтерпретуються як функція домінуючих кризових стимулів: за посилення ризиків постачання підвищується значущість швидкості ефекту та стійкості ланцюгів, за ресурсно-цінового тиску – утримання вбудованої вартості та ресурсної безпеки, за регуляторного тиску – інституційних умов довговічності й ремонту [58-61].

Система критеріїв АПУВ формується так, щоб відображати ієрархію утримання вартості та керованість переходу [58; 59; 63]:

G1 – рівень утримання вбудованої вартості (збереження функції продукту/компонента порівняно з матеріальним рівнем);

G2 – швидкість ефекту (час до відновлення функції та повернення в господарський обіг);

G3 – внесок у ресурсну безпеку (скорочення потреби у первинних ресурсах);

G4 – внесок у стійкість постачання (зниження залежності від зовнішніх поставок і дефіциту компонентів);

G5 – здійсненність (вимоги до сервісної інфраструктури, стандартів якості, зворотної логістики та організації повернення виробів);

G6 – регуляторна узгодженість (довговічність, ремонтпридатність, доступність запчастин і технічної інформації).

Запропонована конструкція забезпечує аналітичне розмежування двох ситуацій, характерних для системної кризи:

– інструменти з високим утриманням вбудованої вартості, але обмежені інституційно (через недостатні стандарти, слабку зворотну логістику або дефіцит сервісної бази);

– інструменти з відносно високою здійсненністю, однак із нижчим рівнем утримання функціональної цінності.

Відповідно до теорії процесів утримання вартості та логіки коротких петель технічного контуру, перевага за критерієм G1 системно зміщує пріоритет у бік ремонту, повторного використання, відновлення/оновлення та відтворення виробу до стану «як новий» порівняно з рішеннями матеріального рівня, коли збереження функції продукту вже втрачено [27; 58; 59; 63]. Водночас критерії G5-G6 дозволяють методично врахувати, що реальна антикризова результативність коротких циклів залежить від інституційних умов (ремонтпридатність, доступність запчастин, технічної документації та організаційних каналів повернення виробів), які прямо підсилюються сучасними підходами до політик довговічності й ремонту [60; 61; 63].

Для наочного відображення багатовимірної структури антикризового потенціалу інструментів доцільно використовувати візуалізацію за критеріями G1-G6 у вигляді радарної профільної діаграми (рис. 1.7).

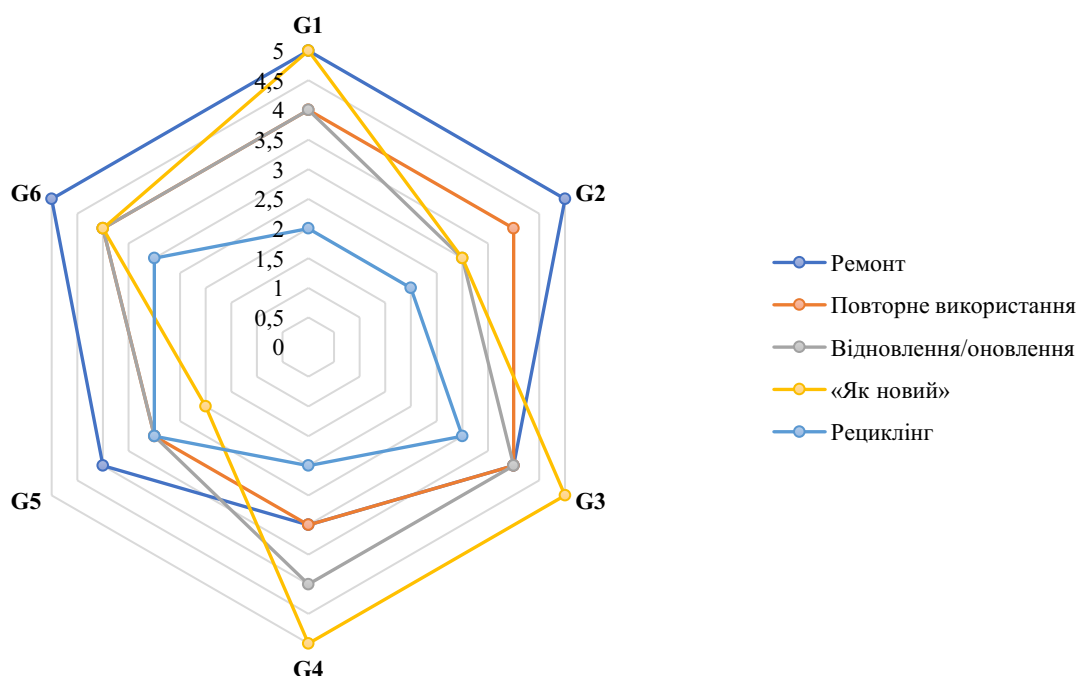


Рисунок 1.7 – Профілі антикризового потенціалу інструментів циркулярної економіки за критеріями G1-G6 (ілюстративна візуалізація)

Джерело: сформовано автором

Така форма представлення дозволяє порівнювати інструменти не лише за інтегральним показником АПУВ, а й за конфігурацією їх сильних і слабких сторін: короткі цикли, як правило, формують розширений профіль за критеріями утримання вбудованої вартості та швидкості ефекту, тоді як інструменти матеріального рівня демонструють іншу структуру переваг і обмежень, зумовлену вищими втратами функціональної цінності [27; 58; 59].

Отримана рамка дає підстави для формулювання обґрунтованих положень, релевантних подальшому аналізу та інтерпретації емпіричних тенденцій. По-перше, за посилення ресурсно-цінового тиску та невизначеності постачання, зростає відносна доцільність інструментів коротких циклів (ремонт, повторне використання, відновлення/оновлення, відтворення виробу до стану «як новий») порівняно з інструментами матеріального рівня, оскільки перші забезпечують вищий рівень утримання вбудованої вартості та швидший ефект для підтримання функції. По-друге, інституційні умови довговічності й ремонту (ремонтпридатність, доступність запчастин і технічної інформації) мають інтерпретуватися як чинники, що підвищують здійсненність коротких циклів і, відповідно, зміщують систему в бік більш результативних профілів антикризового потенціалу. По-третє, домінування рециклінгу за відсутності розвинених коротких циклів слід трактувати як ознаку структурного обмеження утримання вартості, а не як достатній показник антикризової результативності переходу.

Отже, системна криза світового господарства актуалізує матеріально-ресурсний вимір глобальних дисбалансів і змінює критерії економічної раціональності: зростає роль ресурсної безпеки, надійності постачання та ризиків зупинки виробництва. За таких умов циркулярна економіка розглядається як антикризовий механізм, спрямований на скорочення залежності від первинних ресурсів і стабілізацію функціонування виробничо-споживчих систем через повернення продуктів, компонентів і матеріалів у господарський обіг.

### 1.3 Концептуальні засади розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства

Формування теоретичного підґрунтя циркулярної економіки відбувалося через накопичення та взаємодію ідей економічних учень, у межах яких послідовно уточнювалися: роль природних обмежень у процесах відтворення; механізми виникнення втрат та зовнішніх ефектів; інституційні умови узгодження індивідуальних рішень із суспільними витратами; межі технологічного оптимізму щодо «розв'язання» ресурсної проблеми лише через підвищення ефективності. У підсумку склалася інтелектуальна рамка, в якій циркулярність інтерпретується не як сукупність локальних практик, а як системна відповідь на ресурсні обмеження, дисбаланси матеріальних потоків і накопичення екологічних витрат у кризові періоди.

У ранній політичній економії передумови циркулярного мислення проявилися передусім у постановці питання про матеріальну базу відтворення та «природну» межовість економічного зростання. Ф. Кене (F. Quesnay), закладаючи фізіократичну традицію, у праці «*Physiocratie, ou Constitution naturelle du gouvernement le plus avantageux au genre humain*» акцентував, що відтворення суспільного продукту має структурні залежності від природної продуктивності й відтворюваності ресурсної основи [73].

Особливого значення для предметної області циркулярної економіки набуває «Економічна таблиця» (франц. *Tableau économique*) Ф. Кене, у межах якої було здійснено одну з перших у історії економічної науки спроб модельного аналізу суспільного відтворення через схему розподілу сукупного продукту між основними соціально-економічними групами. Запропонована Кене логіка кругообігу товарів і зустрічного кругообігу доходів фактично сформувала ранній прототип «моделі кругообігу» (англ. *circular flow model*) та закріпила уявлення про економіку як систему взаємопов'язаних потоків благ, доходів і витрат, що відтворюються в часі. У методологічному вимірі це створило підстави для подальшого розвитку ідей «замкненості» та повторюваності економічних

процесів у кожному періоді, а також для подальшого переходу до аналізу ресурсних обмежень і структурних дисбалансів потоків у кризові фази [73].

У. Петті (W. Petty) у праці «Трактат про податки і збори» (*англ. A Treatise of Taxes and Contributions*) розвинув підхід «політичної арифметики», який методологічно підготував ґрунт для подальшого вимірювання національного багатства, оцінювання ефектів податково-інституційних рішень і аналізу зв'язку економічної динаміки з ресурсними можливостями та обмеженнями [74].

Класична школа посилила акцент на обмежувальному характері ресурсів і спадній віддачі як механізмах, що стримують екстенсивну траєкторію розвитку. Д. Рікардо (D. Ricardo) у праці «Про принципи політичної економії та оподаткування» (*англ. On the Principles of Political Economy and Taxation*) показав, що обмеженість природного ресурсу (землі) та різна його якість породжують рентні ефекти й підвищують вартісні бар'єри для подальшого нарощення виробництва, формуючи економічну «ціну» природних обмежень [75].

Дж. С. Мілль (J. S. Mill) у праці «Принципи політичної економії» (*англ. Principles of Political Economy with Some of their Applications to Social Philosophy*) ввів у дискусію уявлення про «стаціонарний стан» як граничну конфігурацію, де критерії добробуту мають узгоджуватися не лише з обсягом виробництва, а й з якісними параметрами розвитку та межовими умовами природного середовища [76]. У межах демографічної традиції Т. Мальтус (T. Malthus) у праці «Нарис про закон народонаселення» (*англ. An Essay on the Principle of Population*) сформулював тезу про структурну напругу між темпами зростання потреб і ресурсною спроможністю їх забезпечення, що надалі стало одним із теоретичних джерел дискусій про дефіцит, розподіл екологічних витрат і вразливість соціально-економічних систем у кризові періоди [77].

Окремою методологічною віхою для майбутнього концепту «збереження цінності» стало переосмислення взаємозв'язку технологічної ефективності та ресурсоспоживання. В. С. Джевонс (W. S. Jevons) у праці «Вугільне питання: запит щодо прогресу нації та ймовірного виснаження наших вугільних шахт» (*англ. The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the*

*Probable Exhaustion of Our Coal Mines*) обґрунтував, що зростання ефективності використання ресурсу не гарантує скорочення його сукупного споживання, оскільки може стимулювати розширення попиту та масштабу використання (логіка, відома як «парадокс Джевонса») [78]. Для циркулярної економіки цей висновок має принципове значення: він підсилює тезу, що переходу до циклічних режимів недостатньо досягати лише технологічними «покращеннями», натомість необхідні інституційні й організаційні механізми, здатні обмежувати первинне вилучення ресурсів і «замикати» матеріальні потоки.

Подальше методологічне зближення економічної теорії з екологічною проблематикою відбулося через розвиток концепту зовнішніх ефектів і потребу інституційної корекції «ринкових провалів». А. С. Пігу (A. C. Pigou) у праці «Економічна теорія добробуту» (англ. *The Economics of Welfare*) систематизував підхід до розриву між приватними та суспільними витратами/вигодами, заклавши основу для інтерналізації екстерналій через податкові та регуляторні інструменти [79]. У межах подальших дебатів значення набула інституційна інтерпретація проблеми ресурсних конфліктів: Р. Коуз (R. Coase) у праці «Проблема суспільних витрат» (англ. *The Problem of Social Cost*) акцентував роль прав власності, трансакційних витрат і механізмів узгодження інтересів у розв'язанні конфліктів щодо забруднення та використання ресурсів [80]. У логіці циркулярної економіки ці підходи конвергують у висновок, що замикання потоків потребує не лише технічних рішень, а й чіткої інституційної архітектури відповідальності, стимулів і правил доступу до матеріальних залишків.

Окрему лінію теоретичних витоків становить становлення економіки природних ресурсів як субдисципліни з власним апаратом міжчасового аналізу та оцінювання дефіцитності. Г. Готеллінг (H. Hotelling) у праці «The Economics of Exhaustible Resources» заклав підхід до міжчасового вибору та ціноутворення для невідновних ресурсів, що створює фундамент для оцінювання економічної цінності збереження ресурсів у часі й підсилює аргументацію на користь продовження життєвого циклу продуктів як альтернативи первинному видобутку [81].

Розвиток теорії спільних ресурсів представлений, зокрема, Г. С. Гордоном (H. S. Gordon) у праці «The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery», де показано, що за відсутності узгоджених правил використання спільний ресурс має тенденцію до перевикористання та деградації [82]. Аналогічну проблему в узагальненій формі підкреслено Г. Хардіним (G. Hardin) у статті «Трагедія спільних ресурсів» (англ. *The Tragedy of the Commons*) [83]. Водночас Е. Остром (E. Ostrom) у праці «Керування спільним. Еволюція інституцій колективної дії» (англ. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*) запропонувала альтернативну логіку – можливість стійкого управління спільними ресурсами за наявності чітко спроектованих інституційних правил, механізмів моніторингу та санкцій [84]. Для циркулярної економіки цей блок є методологічно релевантним, оскільки матеріальні потоки (зворотна логістика, інфраструктура повернення, стандарти якості вторинних ресурсів, простежуваність) фактично потребують режимів колективної дії та узгодження правил.

Суттєвим доповненням до інституційно-економічної лінії стали критичні підходи, які акцентували «приховані» суспільні витрати індустріального розвитку. К. В. Капп (K. W. Kapp) у праці «The Social Costs of Private Enterprise» систематизував тезу про структурну тенденцію приватизації вигод і соціалізації витрат у межах індустріальної моделі, що методологічно зближує дискусію про екстерналії з питанням про суспільний характер екологічних збитків [85]. У спорідненій площині підхід матеріального балансу, розвинений, зокрема, Р. Айресом (R. Ayres) і А. Кнізом (A. Kneese), які обґрунтували, що матеріальні потоки в економіці підпорядковуються фізичним законам збереження речовини, а отже «відходи» є неминучим продовженням виробництва і споживання, що підсилює необхідність системного управління потоками [86].

Концептуально важливою стала й термодинамічна критика Н. Георгеску-Рогена (N. Georgescu-Roegen) у праці «Закон ентропії і економічний процес» (англ. *The Entropy Law and the Economic Process*), у якій наголошено на незворотності деградації енергії та матеріалів і на обмеженнях «безкінечного» зростання [87].

Таблиця 1.3 – Ключові теоретико-методологічні передумови формування циркулярної економіки

Лінія передумов (ядро внеску)	Автор(и)	Ключова праця	Основне досягнення / теза	Концепт / інструмент	Значення для предметної області ЦЕ
<b>Економіка як система відтворення і потоків</b>	Ф. Кене (F. Quesnay)	«Physiocratie, ou Constitution naturelle du gouvernement le plus avantageux au genre humain»; «Tableau économique»	Показав відтворення як взаємопов'язані потоки продукту, доходів і витрат; заклав ранній макропідхід до аналізу кругообігу	Прототип «моделі кругообігу»	Методологічна база для подальшого трактування економіки як системи потоків і контурів, релевантної логіці замикання матеріальних циклів
<b>Природні межі й дефіцитність як економічний фактор</b>	Д. Рікардо (D. Ricardo); Дж. С. Мілль (J. S. Mill)	«On the Principles of Political Economy and Taxation»; «Principles of Political Economy with Some of their Applications to Social Philosophy»	Обґрунтували обмежувальний характер природних ресурсів; ввели дискусію про межові режими розвитку та узгодження цілей із природними обмеженнями	Дефіцитність, спадна віддача; «стаціонарний стан»	Підсилює аргумент, що лінійна модель загострює дефіцитність і витрати; обґрунтовує пріоритет утримання цінності й зниження первинного вилучення
<b>Межі технологічного оптимізму</b>	В. С. Девонс (W. S. Jevons)	«The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines»	Показав, що зростання ефективності може збільшувати сукупне використання ресурсу	«Парадокс Девонса»	Теоретична підстава для висновку: технологій недостатньо – потрібні інституційні й організаційні механізми замикання потоків
<b>Екстерналії та інструменти їх інтерналізації</b>	А. С. Пігу (A. C. Pigou); Р. Коуз (R. Coase)	«The Economics of Welfare»; «The Problem of Social Cost»	Систематизували проблему розриву між приватними та суспільними витратами/вигодами; підкреслили роль прав власності й трансакційних витрат	Інтерналізація екстерналій; права власності	Для ЦЕ: формує логіку «вбудованих» стимулів і правил відповідальності (зокрема для повернення, повторного використання, EPR)
<b>Міжчасова цінність збереження невідновних ресурсів</b>	Г. Готеллінг (H. Hotelling)	«The Economics of Exhaustible Resources»	Заклав міжчасовий підхід до ціноутворення й дефіцитності ресурсів	Міжчасовий аналіз дефіцитності	Теоретична опора для аргументації продовження життєвих циклів продуктів і компонентів як економічно раціональної стратегії
<b>Інституційні режими управління спільними ресурсами</b>	Г. Гардін (G. Hardin); Е. Остром (E. Ostrom)	«The Tragedy of the Commons»; «Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action»	Показали ризик перевикористання за відкритого доступу та можливість стабільного управління за правильно спроектованих інституцій	Інституційний дизайн	Методологічний міст до практик ЦЕ: необхідність правил, моніторингу, інфраструктури та колективної координації для замикання потоків
<b>Біофізичні межі та незворотність деградації ресурсів</b>	Н. Джорджеску-Реген (N. Georgescu-Roegen)	«The Entropy Law and the Economic Process»	Увів ентропійну логіку незворотності й фізичних меж економічного процесу	Ентропійний аргумент	Підсилює пріоритет утримання якості ресурсів і зменшення втрат через довші цикли використання та повторюваність
<b>Інституціоналізація екологічного порядку денного (1960-1970-ті)</b>	Р. Карсон (R. Carson); Стокгольмська конференція ООН 1972 р.	«Silent Spring»; (UN Conference on the Human Environment, 1972)	Сформували суспільний запит на регуляторні відповіді та міжнародну рамку екополітики	Політична легітимація екополітики	Створює політико-інституційні передумови для переходу до системних моделей управління потоками, стандартів і політик циркулярності

Джерело: сформовано автором за матеріалами [3; 73; 75; 76; 78-84; 88; 92]

Зазначену вище лінію надалі інституціоналізовано в ідеї стаціонарної (стійкої) економіки: Г. Дейлі (H. Daly) у праці «Економіка стаціонарного стану» (англ. *Steady-State Economics*) закріпив методологічне розрізнення між кількісним зростанням і якісним розвитком, що важливо для логіки циркулярності як стратегії збереження цінності в межах обмеженої ресурсної бази [88].

Суспільно-науковий дискурс 1960-1970-х років став критичною точкою переходу від абстрактних міркувань про дефіцит до системних досліджень потоків, ризиків і політик. Інституційним майданчиком для розвитку економічного аналізу ресурсних проблем у США став дослідницький інститут «Resources for the Future (RFF)», у межах якого формувалася прикладний порядок денний щодо довгострокової доступності ресурсів і політичних інструментів їх збереження [89]. Суттєвим каталізатором суспільної уваги стала праця Р. Карсона (R. Carson) «Мовчазна весна» (англ. *Silent Spring*), яка актуалізувала проблему екстерналій забруднення та їх довгострокових соціально-економічних наслідків [90]. Паралельно зміцнювалася критика лінійної індустріальної моделі: Б. Коммонер (B. Commoner) у праці «Коло, що замикається» (англ. *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*) пояснює екологічні кризи через «Чотири закони екології», зокрема, підкреслюючи, що «все пов'язано з усім» і «ніщо не дається задарма». Автор стверджує, що людство, розімкнувши природні цикли (наприклад, перетворивши відходи на забруднення), спричинило екологічну кризу, яку можна подолати лише, «замикаючи кола» і відновлюючи гармонію з природою через нову технологічну та соціальну організацію [91]. У цей же період Е. Ф. Шумахер (E. F. Schumacher) у праці «Small Is Beautiful: Economics as if People Mattered» підкреслив значення «належного масштабу», ресурсної ощадності та орієнтації економіки на соціальну корисність, що узгоджується з сучасними тезами про пріоритет утримання цінності [92].

На міжнародному рівні важливою подією інституціоналізації екологічної проблематики стала Стокгольмська конференція ООН 1972 року, яка закріпила питання про довкілля в глобальному порядку денному та посилила попит на економічні обґрунтування природоохоронної політики [3]. Концептуальним

супроводом цього зсуву стала праця Б. Ворд (B. Ward) і Р. Дюбоса (R. Dubos) «Only One Earth: The Care and Maintenance of a Small Planet», у якій було підкреслено системний характер взаємозв'язку економічного розвитку та екологічної стійкості в умовах зростання глобальних ризиків [93]. Додатково, в європейському контексті символічним «пороговим» імпульсом для політичної реакції на екологічні ризики стала катастрофа «Великий смог» (англ. *Great Smog*) 1952 року в Лондоні, що посилила формування регуляторних підходів до контролю забруднення та зумовила нормативний поворот у політиці довкілля [94].

Таким чином, зазначені економіко-теоретичні та суспільно-наукові зрушення 1960-1970-х років створили передумови для подальшої спеціалізації підходів, у межах яких циркулярність була концептуалізована як сукупність взаємодоповнювальних наукових шкіл і рамок (рис. 1.8), які надалі у роботі будуть диференційовані за рівнем аналізу та об'єктом дослідження.

Так, перший блок концептуальних витоків формують *світоглядні та системно-ресурсні підходи*, що інтерпретують економіку як підсистему біосфери й наголошують на межах лінійної моделі відтворення. Зокрема, ідею переходу від «відкритої» економіки до «замкненого» режиму функціонування, де критично важливою стає здатність системи зберігати ресурси та зменшувати втрати, обґрунтував К. Боулдінг у своїй роботі «Економіка майбутнього космічного корабля Земля» (англ. *The Economics of the Coming Spaceship Earth*) [18]. Додатково, як зазначалось, системна аргументація про обмеження екстенсивного зростання та необхідність зміни траєкторій розвитку (включно з технологічними й інституційними параметрами) відображена в доповіді Д. Медоуз (D. Meadows) та співавторів «Межі зростання» (англ. *The Limits to Growth*) [19]. Саме в цій логіці циркулярність набуває значення не як набір «екопрактик», а як системна відповідь на обмеження ресурсної бази та накопичення структурних дисбалансів.

Другий блок становить *еколого-економічна школа*, в якій проблематика потоків ресурсів розглядається через економічні стимули, зовнішні ефекти й інституційні механізми. Як було зазначено в п. 1.1 дисертаційної роботи,

важливою подією для подальшої концептуалізації стало введення і закріплення терміна «циркулярна економіка» у праці Д. Пірса (D. Pearce) і Р. Тернера (R. Turner) «Економіка природних ресурсів та навколишнього середовища» (англ. *Economics of Natural Resources and the Environment*) [22]. У цій традиції циркулярність інтерпретується як спосіб узгодити економічні рішення з екологічними обмеженнями через зміну структури витрат/вигод, правил і регуляторних режимів, що є особливо релевантним у періоди системних криз, коли зростають ціни ресурсів, ризики постачання та регуляторні вимоги.

Третій блок формують підходи «чистішого виробництва» та превентивного екологічного менеджменту, які були спрямовані на зниження негативних впливів ще на стадії проектування процесів і технологій. У межах цієї школи важливим є внесок Т. Джексона (T. Jackson), зокрема раніше згадана праця «Стратегії чистого виробництва: розвиток превентивного екологічного менеджменту в індустріальній економіці» (англ. *Clean Production Strategies: Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy*) [21]. Для циркулярної економіки зазначений підхід виконує роль концептуального «містка»: він переводить увагу від реактивного усунення наслідків до проактивного управління джерелами втрат.

Четвертий блок – це школа *промислової екології та індустріального симбіозу*, яка задає системний рівень аналізу через взаємодію підприємств, територіальних промислових комплексів і мереж постачання. Концептуальною віхою стала стаття Р. Фроша (R. Frosch) і Н. Галлопулоса (N. Gallopoulos) «Стратегії виробництва» (англ. *Strategies for Manufacturing*), де обґрунтовано ідею використання відходів одного процесу як ресурсу для іншого [65]. Подальшу систематизацію поняття «індустріальна симбіозність» здійснено М. Чертоу (M. Chertow) у роботі «Індустріальна симбіозність: література і таксономія» (англ. *Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy*) [66]. З позицій формування теорії циркулярної економіки ця школа забезпечила перехід від «локальних удосконалень» до мережевих конфігурацій обміну ресурсами, де ключовими стають координація, інфраструктура та інституційні механізми співпраці.



Рисунок 1.8 – Ключові концепції та наукові школи циркулярної економіки в розрізі рівнів економічної системи

Джерело: сформовано автором за матеріалами [18-21; 65-72]

П'ятий блок пов'язаний із школою відтворення цінності та сервісної (функціональної) економіки, яка фокусується на зміні логіки створення вартості: від продажу продукту до надання функції та утримання цінності активів. Вагомий концептуальний внесок зроблено В. Штахелем (W. Stahel) і Ж. Редей-Мульві (G. Reday-Mulvey) у раніше згаданій праці «Робочі місця завтрашнього дня: потенціал заміщення енергії робочою силою» (англ. *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*) [20]. У межах цієї школи циркулярність розглядається як механізм уповільнення ресурсних потоків через продовження життєвого циклу виробів, підвищення ремонтпридатності та переорієнтацію бізнес-логіки на довгострокову експлуатаційну ефективність – у кризових умовах це корелює з потребою знижувати залежність від первинної сировини та стабілізувати витрати.

Окрему групу становлять *дизайн-орієнтовані концепції*, які переносять циркулярність у площину проектування матеріалів, виробів і систем використання. До них належить підхід «від колиски до колиски» (англ. *Cradle to Cradle Design*) В. МакДонаха (W. McDonough) і М. Браунгарта (M. Braungart), представлений у книзі «Від колиски до колиски. Змінюємо підхід до того, як ми створюємо речі» (англ. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*) [67]. У межах цієї концепції акцент зроблено на принциповій різниці між лінійною та циклічною логікою матеріалів (технічні/біологічні цикли) і проектуванні систем, що зберігають якість ресурсів. До суміжних підходів належить регенеративний дизайн Дж. Лайла (J. Lyle) «Регенеративний дизайн для сталого розвитку» (англ. *Regenerative Design for Sustainable Development*) [68], а також біомімікрія Дж. Бенюс (J. Benyus) «Біомімікрія: інновації, натхненні природою» (англ. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*) [69]. Спільною ознакою цієї групи є фіксація циркулярності як властивості проектних рішень, які формують можливість подальшого утримання цінності та мінімізації втрат.

Паралельно сформувалися *макроорієнтовані концептуальні рамки*, що надають циркулярності інтерпретацію як нової моделі економічного розвитку. До них належить «Природний капіталізм: створення наступної промислової

революції» (англ. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*) П. Хокена (P. Hawken), А. Ловінса (A. Lovins) та Г. Ловінса (H. Lovins) [70], де акцент зроблено на ресурсній продуктивності та збереженні природного капіталу як чинника довгострокової конкурентоспроможності. Дотичною є рамка «Синя Економіка: 10 років, 100 інновацій, 100 мільйонів робочих місць» (англ. *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*) Г. Паулі (G. Pauli) [71], що просуває логіку інновацій, натхненних екосистемами. Також значущою для політичного й управлінського дискурсу стала концепція «нульових відходів», систематизована А. Заманом (A. Zaman) у роботі «Комплексний огляд розвитку управління нульовими відходами: уроки та настанови» (англ. *A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines*) [72]. Важливо підкреслити: ці рамки не замінюють наукові школи промислової екології або відтворення цінності, але розширюють їх, додаючи макрорівневий вимір політики, ринкових структур і трансформації моделей зростання.

Узагальнення наукових підходів до циркулярної економіки засвідчує наявність концептуальної багатшаровості: різні школи виходять із відмінних об'єктів аналізу (продукт, виробнича система, ланцюг створення вартості, територіально-галузеві мережі, національна політика), через що в літературі спостерігаються паралельні класифікації та множинність інтерпретацій. Відповідно, доцільним є формування єдиної узгоджувальної рамки, що дозволяє: розвести «школи/концепції» за їхнім методологічним ядром; співвіднести їх за рівнем аналізу; показати, який саме механізм циркулярності є домінантним у кожній групі підходів.

Так, узгодження різних концепцій доцільно здійснювати через ієрархію рівнів:

- мікрорівень – продукт, технологія, підприємство, бізнес-модель (фокус на проектуванні, управлінні життєвим циклом, відтворенні цінності активів);
- мезорівень – міжфірмові мережі, промислові екосистеми, екоіндустріальні парки, логістичні й ресурсні зв'язки (фокус на симбіозності та інфраструктурі обміну потоками);

– макрорівень – регуляторні режими, ринки, інституційні стимули, стратегічні рамки переходу (фокус на політиці, стандартах і структурних зрушеннях).

Так, наприклад, зазначений поділ дозволяє розмістити системно-ресурсні концепції К. Боулдінга (K. Boulding) і системну аргументацію меж зростання Д. Медоуза (D. Meadows) з співавторами на макрорівні, тоді як концепції відтворення цінності та функціональної економіки В. Штахеля (W. Stahel), Ж. Редая-Мульві (G. Reday-Mulvey) – переважно на мікро-/мезорівні (рис. 1.8).

Для інтеграції різних шкіл методологічно важливим є розмежування механізмів, через які досягається циркулярність. У сучасній науковій традиції поширеною є логіка «звуження – уповільнення – замикання» ресурсних потоків (*англ. narrowing, slowing, closing loops*), яку застосовують для систематизації стратегій переходу від лінійної до циркулярної моделі.

Беручи до уваги вищезазначене, доцільно використовувати такі узгоджувальні категорії механізмів:

- звуження потоків (ресурсна продуктивність) – зменшення матеріало- та енергоємності, технологічна ефективність, превентивне скорочення втрат;
- уповільнення потоків (подовження використання і збереження вартості) – збільшення строку служби виробів/активів, сервісні формати, ремонтпридатність, повторне застосування у високовартісних контурах;
- замикання потоків (повернення матеріалів у цикл) – організація зворотних потоків, міжгалузеві обміни, індустріальна симбіозність;
- регенерація (біологічні цикли) – відновлення природного капіталу, біоциркуляція, відтворення екосистемних функцій (як концептуальна «верхня рамка», що задає критерії довгострокової сумісності економічних циклів із біофізичними межами).

Важливо також додатково розвести концепції за їхньою функцією:

- діагностично-пояснювальні (що описують природу обмежень, дисбалансів і наслідків лінійності);
- проєктно-інженерні (що задають принципи проєктування продуктів/систем);

- організаційно-управлінські (що описують зміну бізнес-логіки й конфігурацій створення вартості);
- інституційно-політичні (що формують рамки стимулів, правил і програм переходу).

Наприклад, концепція Т. Джексона (T. Jackson) виступає інструментальною основою звуження потоків на мікрорівні, тоді як еколого-економічний підхід Д. Пірса (D. Pearce) і Р. Тернера (R. Turner) є насамперед інституційно-стимулювальною рамкою на макрорівні.

Водночас узагальнення концепцій на теоретичному рівні не є достатнім для пояснення переходу від «парадигмальних намірів» до стійких практик замикання потоків: вирішальним чинником стає інституційна архітектура, яка визначає правила доступу до ресурсів, порядок відповідальності за життєвий цикл продукту та режими контролю якості вторинних потоків.

Так, з позицій інституційної економіки циркулярна економіка ґрунтується на розв'язанні двох взаємопов'язаних питань: «хто володіє залишком» та «хто несе відповідальність» за його повернення у господарський обіг. У циркулярній логіці післяспоживчі матеріали й продукти перестають розглядатися як суто «побічний результат» споживання та набувають статусу об'єкта регулювання, обігу і контролю. Без чіткого розмежування прав та обов'язків виникає дифузія відповідальності, зростають транзакційні ризики, а вторинні потоки деградують за якістю та передбачуваністю, що унеможлиблює їх системне використання як ресурсної бази (табл. 1.4).

Ключовим елементом такої архітектури є «розширена відповідальність виробника» (англ. *Extended Producer Responsibility – EPR*). У концептуальному вимірі EPR означає не «набір адміністративних процедур», а принципову зміну інституційного розподілу зобов'язань щодо післяспоживчої фази життєвого циклу продукції: від розпорошеної відповідальності до закріплених ролей, фінансових зобов'язань і механізмів контролю результативності. Загальна рамка Європейського Союзу фіксує базові вимоги до схем EPR, зокрема щодо визначення відповідальних суб'єктів, прозорості управління, покриття витрат на

збір та оброблення, а також звітності й нагляду за досягненням цілей [95]. Подальше уточнення та гармонізація підходів до таких схем було закріплено у змінах до рамкових положень щодо відходів, що зміцнило регуляторну визначеність режимів відповідальності та їх застосовність у різних секторальних контекстах [96].

Таблиця 1.4 – Інституційні компоненти циркулярної економіки та їх роль у забезпеченні керованості післяспоживчих потоків

Інституційний компонент	Концептуальна функція в циркулярній економіці	Який «збій» усуває (типова проблема лінійної моделі)	Нормативно-стандартизаційна опора
1	2	3	
Режими відповідальності за життєвий цикл продукту	Переводять «залишок» у керований об'єкт: закріплюють ролі, обов'язки та фінансування повернення ресурсів у обіг	Дифузія відповідальності; недоінвестування у збір/оброблення; «ефект безвідповідальності»	«Directive 2008/98/EC ... on waste»; «Directive (EU) 2018/851 ... amending Directive 2008/98/EC»
«Розширена відповідальність виробника»	Інституційно пов'язує дизайн і розміщення продукту на ринку з наслідками післяспоживчої фази; формує сталі контури повернення	Перекладання витрат на суспільство; фрагментація потоків; нестабільність інфраструктури повернення	«Directive 2008/98/EC ... on waste»; «Directive (EU) 2018/851 ...»
Вимоги до інформації про продукт упродовж життєвого циклу	Забезпечують інституційну основу для керованості, порівнянності й масштабування циркулярних рішень у ланцюгах створення вартості	Невизначеність параметрів продукту; низька ремонтпридатність/довговічність; бар'єри для повторного використання	«Regulation (EU) 2024/1781 ... ecodesign requirements for sustainable products»
Секторальні режими для критичних продуктів і матеріалів	Підсилюють керованість потоків у чутливих секторах (де є токсичність / дефіцит / регуляторні ризики) та зменшують залежність від первинної сировини	Втрати контрольованості потоків; неузгоджені правила по ланцюгу; регуляторна фрагментація	«Regulation (EU) 2023/1542 ... concerning batteries and waste batteries»
Стандартизація термінології та принципів впровадження	Формує «спільну мову» циркулярності для бізнесу й політик; знижує асиметрію інформації та підвищує зіставність	Різничитання «циркулярності»; непорівнянність підходів; декларативність	ISO 59004:2024 «Circular economy – Vocabulary, principles and guidance for implementation»
Стандартизоване вимірювання та оцінювання результативності циркулярності	Забезпечує відтворюваність оцінювання і можливість порівняння у часі/між організаціями; підтримує управління результативністю	«Метрики без керованості»; відсутність зіставного моніторингу; формальне звітування	ISO 59020:2024 «Circular economy – Measuring and assessing circularity performance»

Джерело: сформовано автором за матеріалами [95-100]

В умовах системної кризи інституційна роль EPR посилюється, оскільки криза робить видимими слабкі місця лінійної моделі: волатильність цін на ресурси, збої постачання, подорожчання логістики й інфраструктурних операцій [267]. За таких умов зростає значення інституційних механізмів, які знижують ризики «безвідповідальності» та мінімізують постійне недоінвестування в системи збирання, сортування й підготовки вторинних потоків до повторного використання. Таким чином, EPR виконує не лише екологічну, а й системно-економічну функцію стабілізації ресурсної бази.

Другим структурним компонентом інституційної архітектури циркулярності є стандартизація, простежуваність і забезпечення достовірної інформації про продукт упродовж життєвого циклу. З огляду на те, що якість вторинних потоків є критичною передумовою відтворення вартості, інформаційні механізми підтвердження складу, стану та походження продуктів і матеріалів перетворюють «залишок» на контрактоздатний ресурс і зменшують невизначеність у взаємодії учасників ринку. У цьому контексті «Regulation (EU) 2024/1781 ... establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products» формує рамкові підходи до підвищення керованості життєвого циклу продукції, що створює інституційну основу для масштабування циркулярності через вимоги до характеристик продукту та інформаційної підтримки циркулярних рішень [97].

Секторальний розвиток аналогічної логіки простежується у «Regulation (EU) 2023/1542 ... concerning batteries and waste batteries», де інституційні вимоги до ринку батарей підсилюють керованість післяспоживчих потоків, а також зміщують акцент на системне управління життєвим циклом відповідної продукції [98]. Для кризових режимів така регуляторика є концептуально значущою, оскільки вона поєднує екологічні цілі з логікою ресурсної надійності та зниження залежності від первинної сировини.

Третім елементом виступає інституціоналізація «спільної мови» циркулярності через стандарти, що забезпечують порівнянність підходів, прозорість і відтворюваність оцінювання. Серія стандартів ISO 59000 формує

узгоджений каркас для організаційного впровадження циркулярності: від термінології, принципів та настанов щодо реалізації (ISO 59004:2024) до вимірювання й оцінювання результативності циркулярності (ISO 59020:2024) [99; 100]. Навіть за добровільного характеру стандарти виконують інституційну функцію зниження інформаційної асиметрії, підвищення довіри та спрощення контракування у циркулярних ланцюгах, що є особливо важливим за підвищеної невизначеності, властивої системній кризі.

Таким чином, проведена структуризація передумов, концепцій і наукових шкіл, а також уточнення методологічних і інституційних вимірів циркулярної економіки дає підстави розглядати її не як сукупність фрагментарних практик, а як цілісну рамку організації відтворення в умовах системної кризи світового господарства. Системна криза актуалізує обмеженість ресурсної бази та вартісні наслідки лінійної моделі, підвищує значущість керованості матеріальних потоків і робить очевидною потребу у збереженні вартості впродовж життєвого циклу продуктів і компонентів. У цьому контексті циркулярна економіка виступає теоретично та методологічно обґрунтованою відповіддю на структурні дисбаланси відтворення, оскільки поєднує логіку зниження первинної ресурсної залежності, мінімізації втрат і підвищення стійкості соціально-економічних систем до шоків постачання, цінової волатильності та регуляторних зрушень.

Водночас домінування циркулярної економіки як рамки розвитку в кризовому середовищі зумовлюється її здатністю інтегрувати різнорівневі механізми – від потоково-матеріальної та інституційної логіки до регуляторних і стандартизаційних інструментів, що забезпечують порівнянність і масштабованість циркулярних рішень. Криза функціонує як «стрес-тест» і прискорювач інституційної зрілості: посилюється попит на режими відповідальності, простежуваність, стандарти та метрики, без яких замикання потоків не може перейти у стійкий режим. Отже, циркулярна економіка у сучасних умовах системної нестабільності постає домінантною концептуальною рамкою, що забезпечує узгодження економічної результативності з ресурсною безпекою та екологічною стійкістю, формуючи основу для подальшого переходу

до операційних моделей, політик і механізмів реалізації циркулярності на мікро-, мезо- та макрорівнях.

## **Висновки до розділу 1**

В результаті дослідження теоретичних засад становлення та формування циркулярної економіки було уточнено понятійно-категоріальний апарат і обґрунтовано логіку переходу від лінійної моделі господарювання до циклічних режимів відтворення в контексті викликів нової індустріальної епохи.

Доведено, що інституціоналізація екологічного підходу у глобальному вимірі має чітку еволюційну траєкторію: від Стокгольмської конференції 1972 року та створення Програми ООН з навколишнього середовища до розгортання ширшого міжнародного екологічного порядку денного. У межах теоретичної рамки енвайроменталізму як альтернативи антропоцентричному світогляду обґрунтовано його методологічну роль для подальшого розвитку екологоорієнтованих економічних концепцій; при цьому, спираючись на підхід Ч. Кребса, уточнено міждисциплінарний характер енвайроменталізму та його значення як інтелектуальної основи для системних моделей взаємодії суспільства і природи.

Було здійснено систематизацію трактувань поняття «циркулярна економіка» за ключовими акцентами та дослідницькими традиціями, зокрема у визначеннях В. Джяо і Ф. Бунса, М. Гайсдорфера та співавт., Дж. Кірхерра та співавт., Дж. Корхонена та співавт., М. Лідера і А. Рашида, В. Хааса та співавт., А. Таккера, Н. Грегсон та співавт., а також у працях вітчизняних дослідників М. Руди та Я. Мірки, О. Чуріканової та М. Варфоломєєви, Н. Трушкіної та Г. Шпакової. Це дозволило узгодити поняттєве поле та показати, що циркулярна економіка в сучасному дискурсі виступає інтегративною міждисциплінарною парадигмою, що поєднує інструменти збереження цінності, управління потоками ресурсів та інституційні механізми відповідальності.

На основі узагальнення наукових концепцій і результатів досліджень було запропоновано авторське визначення поняття «циркулярна економіка» як економічної моделі відтворення, у межах якої процеси проектування, виробництва, обігу та споживання організуються з метою максимального утримання матеріальних і енергетичних ресурсів у господарському обігу та мінімізації відходів і потреби у первинних ресурсах через замкнені та регенеративні цикли.

Надалі теоретична база була поглиблена завдяки концепціям індустриальної екології Р. Фроша і Н. Галлопулоса та методології «industrial symbiosis» М. Чертова, а також завдяки дизайно-орієнтованим підходам «Cradle-to-Cradle» В. МакДонаха і М. Браунгарта, регенеративному дизайну Дж. Лайла та біомімікрії Дж. Бенюса.

Обґрунтовано пріоритизацію «коротких петель» у технічному контурі та логіку ієрархій R-стратегій: від 3R до 10R, із урахуванням позиції П. Морселетто щодо можливих антагоністичних зв'язків між окремими стратегіями. Висвітлено модель циркулярної економіки з поділом на біологічний і техногенний цикли та ключовим правилом пріоритету «ближчих» циклів, за яких зберігається більша частка первісної (вбудованої) вартості продукту.

У межах підрозділу 1.2 доведено, що в умовах системної кризи світового господарства інструменти циркулярної економіки переходять із площини «бажаних» у площину економічно необхідних. Зазначено, що сучасна кризовість має структурну багатовимірність і проявляється як поєднання взаємопов'язаних дисбалансів; це відображено у причинно-наслідковій рамці каналів тиску, проявів та циркулярних антикризових відповідей.

З метою пояснення механізму «перетворення» кризового тиску на циркулярні управлінські рішення запропоновано кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+), який структуровано за блоками: «А» – канали кризового тиску; «В» – трансформація стимулів; «С» – вибір інструментів за ієрархією утримання вартості; «D» – очікувані результати, а також «Е» – система

верифікації та «F» – емпіричний дизайн, що забезпечує перехід від концептуальної схеми до перевірюваної аналітичної моделі.

Для практичної операціоналізації КЦМУВ+ сформовано систему показників верифікації та запропоновано методичний підхід до вибору інструментів циркулярної економіки на основі багатокритеріального оцінювання: інтегральна оцінка передбачає вагове агрегування оцінок за критеріями G1-G6 (утримання вбудованої вартості; швидкість ефекту; внесок у ресурсну безпеку; внесок у стійкість ланцюгів постачання; інституційна здійсненність; масштабованість), а для наочного порівняння рекомендовано радарну профільну діаграму.

У підрозділі 1.3 встановлено, що концептуальні засади циркулярної економіки мають багатшарову теоретико-методологічну основу, яка послідовно формувалася в економічній думці. Зокрема, економіка як система відтворення і потоків осмислювалася Ф. Кене, обмежувальний характер природних ресурсів – у працях Д. Рікардо та Дж. С. Мілля, демографічно-ресурсна напруга – у підході Т. Мальтуса. Методологічно суттєвим стало переосмислення зв'язку технологічної ефективності та ресурсоспоживання у В. С. Джевонса («парадокс Джевонса»), а також розвиток теорії екстерналій та інтерналізації «ринкових провалів» у працях А. С. Пігу та Р. Коуза; міжчасовий підхід до дефіцитності невідновних ресурсів – у Г. Готеллінга; проблематика режимів управління спільними ресурсами – у Г. Хардіна та Е. Остром. Важливою методологічною віхою визначено термодинамічну критику Н. Георгеску-Рогена щодо незворотності деградації енергії та матеріалів, що підсилює аргументацію обмежень лінійного зростання.

Окремо обґрунтовано, що перехід до циркулярності потребує не лише технологічних змін, а й інституційної архітектури відповідальності та стимулів. У цьому контексті показано, що ключовим елементом виступає «розширена відповідальність виробника» як механізм перерозподілу зобов'язань за післяспоживчу фазу життєвого циклу продукції та інструмент подолання дифузії відповідальності; при цьому наголошено на нормативній опорі підходів

Європейського Союзу до схем EPR (визначення суб'єктів, прозорість управління, покриття витрат, звітність і нагляд).

Узагальнюючи, теоретичний аналіз, проведений у першому розділі, дозволив обґрунтувати циркулярну економіку як інтегративну міждисциплінарну парадигму, що поєднує технологічні можливості Індустрії 4.0, логіку утримання вбудованої вартості та інституційні режими відповідальності. Показано, що в умовах системної кризи світового господарства циркулярні інструменти набувають статусу антикризових рішень, а запропонований КЦМУВ+ і багатокритеріальний підхід до вибору інструментів створюють методичну основу для подальшої емпіричної перевірки та прикладного застосування в дослідженні.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [37; 38; 62; 63; 64].

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

#### 2.1 Новітні тенденції у використанні інструментів циркулярної економіки у світі

У сучасних умовах системної кризи світового господарства циркулярна економіка виступає як стратегічний підхід, спрямований на подолання обмежень традиційної лінійної моделі економіки. За даними Circle Economy Foundation, глобальної організації впливу, заснованої у 2011 р. як кооператив, світове населення споживає понад 100 мільярдів тонн матеріалів щорічно (рис. 2.1), причому більшість видобутих та використаних матеріалів стають відходами [101]. Окрім того, згідно з останнім звітом організації (*англ. Circularity Gap Report 2023*), частка повторного використання матеріалів у світовій економіці знизилася до 7,2% порівняно з 9,1% у 2018 р., що свідчить про поглиблення проблеми [102].

Найбільші обсяги відходів утворюються в будівельному секторі – близько 10,5 млрд тонн щорічно, що становить 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 [102]. Промислові відходи займають друге місце за обсягом, становлячи 9,8 млрд тонн на рік, або 28% від загального обсягу відходів у світі [102]. 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 [103]. Окрім того, згідно з даними Організації економічного співробітництва та розвитку (*OECP, англ. Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD*), щороку утворюється 353 млн тонн пластикових відходів, з яких 40% припадає на упаковку, а 12% – на споживчі товари [104]. Електротехнічні відходи є одним із найбільш швидкозростаючих видів відходів. За даними Global E-Waste Monitor, у 2022 р. обсяг таких відходів

становив 62 млн тонн, що на 82% більше порівняно з 2010 р. [105]. Текстильна промисловість також значно впливає на обсяги відходів, генеруючи щороку близько 92 млн тонн. Виробництво текстилю на душу населення зросло у 2,2 рази за період з 1975 по 2018 рр., що пов'язано з концепцією «швидкої моди» та скороченням життєвого циклу одягу [106]. Проте слід зазначити, що загалом дані щодо світових відходів різняться від джерела до джерела через різні методики оцінки.

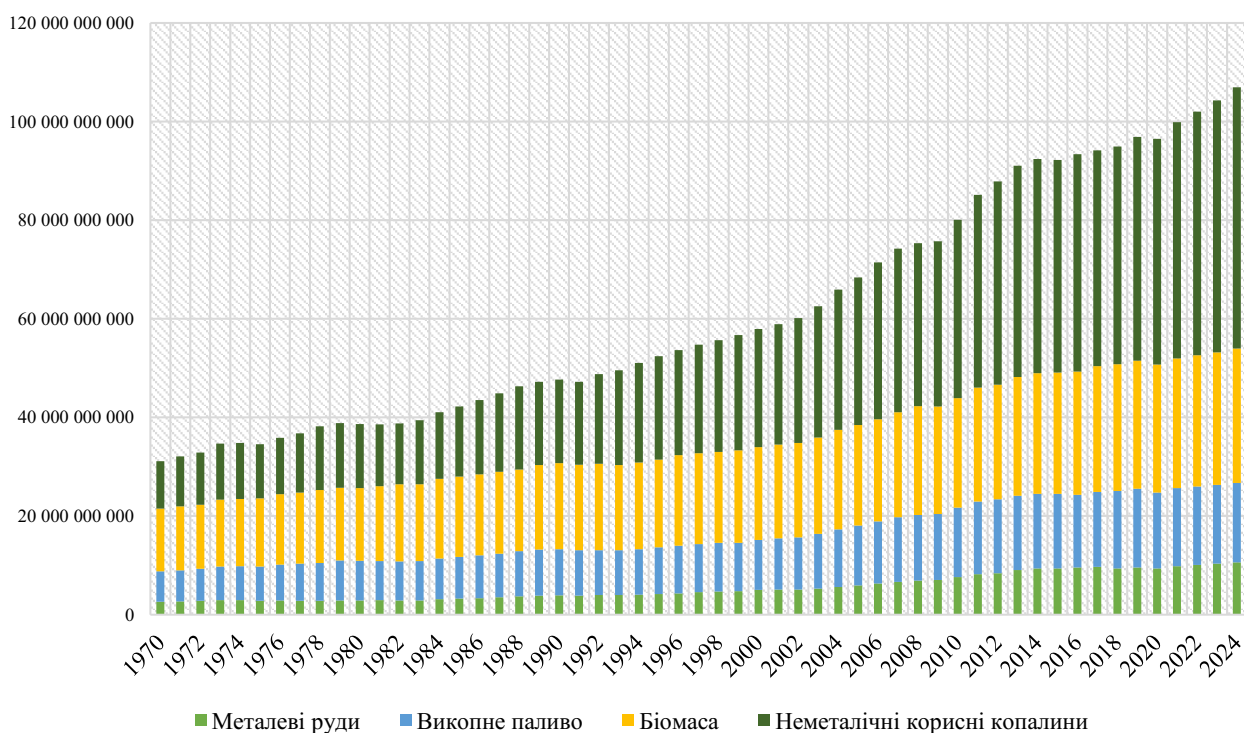


Рисунок 2.1 – Світовий видобуток матеріалів за категоріями, 1970-2024 рр., млрд тонн

Джерело: [107]

Аналізуючи показники утворення та поводження з відходами у різних країнах світу, можна відзначити, що існують значні відмінності в ефективності національних систем управління відходами та ступені впровадження принципів циркулярної економіки (рис. 2.2). 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 відзначається найвищим рівнем переробки – 60,8% при утворенні 400 кг відходів на жителя [108]. 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 захоронюється на сміттєзвалищах. Німеччина ж демонструє високий рівень переробки – 47,8% при утворенні 632 кг відходів на жителя, завдяки розвиненій інфраструктурі та ефективним екологічним стратегіям [108].

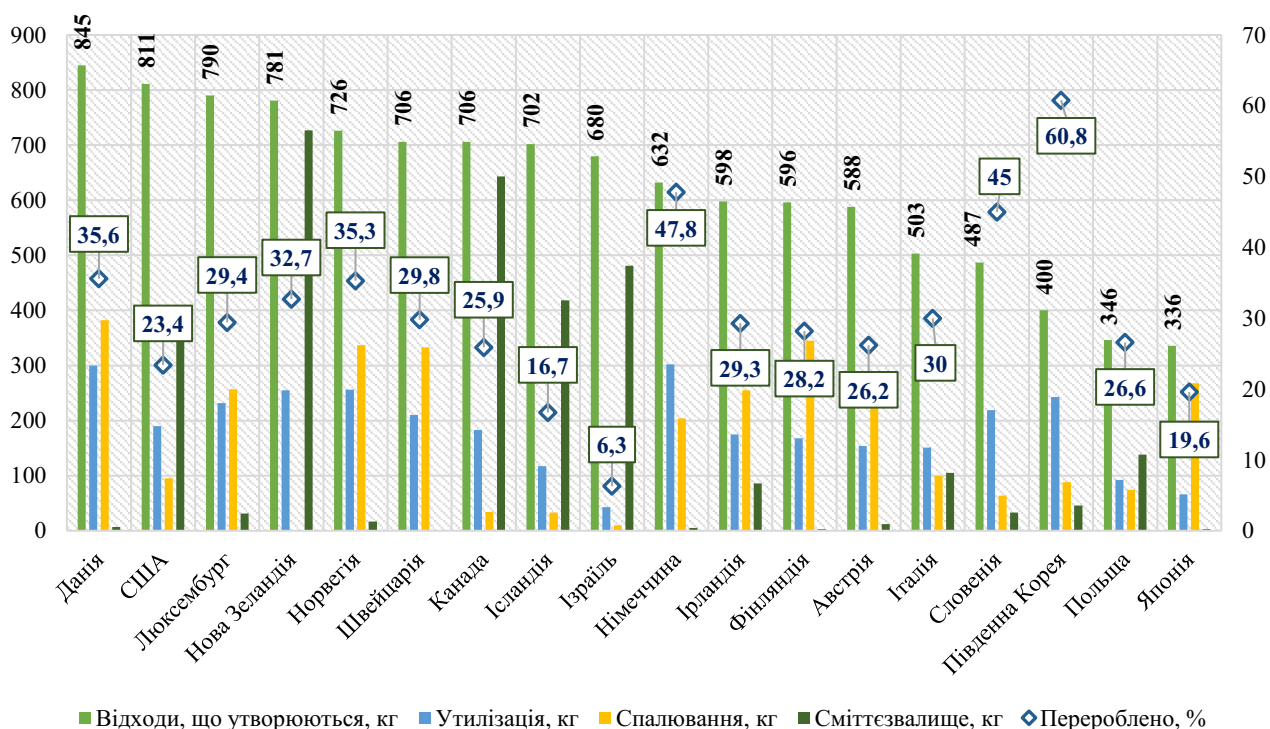


Рисунок 2.2 – Показники утворення та поводження з відходами у країнах світу, 2022 р., кг на одного жителя (ліва шкала), % переробки (права шкала)

Джерело: [108]

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, агропромислому та лісопромислому комплексі. 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 [102], 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 сьогоднішній день більш ніж на 80% залежить від викопного палива (рис. 2.3), а діяльність, пов'язана з його видобутком, переробкою, транспортуванням та виробництвом енергії, призводить до утворення значних обсягів відходів, забруднення води і викидів парникових газів. З огляду на це, 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 [172].

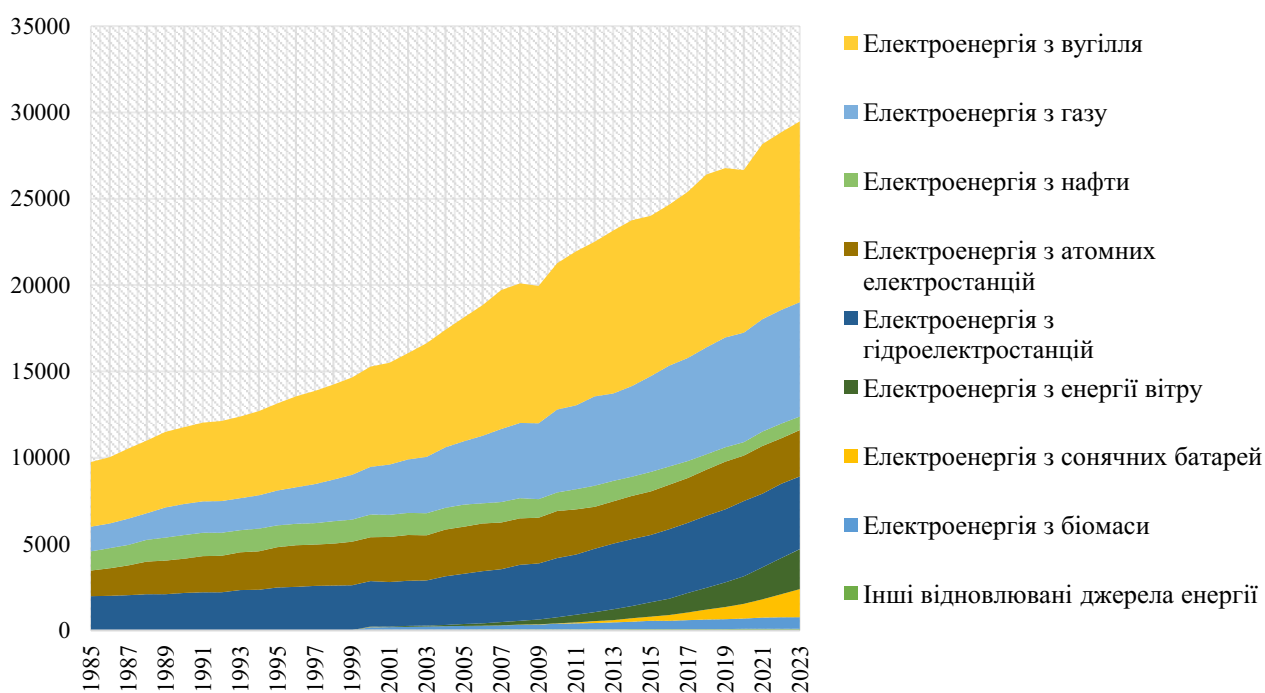


Рисунок 2.3 – Світове виробництво електроенергії за джерелами, 1985-2023 рр, ТВт·ч

Джерело: [109]

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 (рис. 2.4). Так, відходи від спалювання викопного палива спрямовуються на переробку та повторне використання, допоки світ не перейшов до повної відмови від цієї практики. Одним із прикладів інноваційних рішень є використання золошлакових відходів (ЗШО) в господарському обігу. У Великобританії компанія High Speed Two (HS2) Limited використовує золу виносу і доменні шлаки в будівництві залізничних станцій, що дозволяє суттєво знизити викиди CO<sub>2</sub> та утилізувати значні обсяги вторинних матеріалів [110; 172]. Аналогічно, у США компанія General-Shea-Morrison Co. використовувала золу виносу при будівництві дамби, що дозволило скоротити витрати енергії на випалення цементу та утилізувати понад 132 тис. тонн даних залишків [111].

Іншим прикладом успішного застосування ЗШО є проєкт рекультивації земель, реалізований компанією Ebensburg Power Company у США. Золошлакова суміш використовувалася для зниження кислотності ґрунтів на рекультивованій території, де раніше з відвалів щорічно виділялися 226 тонн кислот, 33 тонни алюмінію, 1 тонна марганцю і 0,5 тонни заліза. Протягом реалізації проєкту (1989–2011 рр.) з ділянки було вивезено 3,2 млн тонн відходів і повернуто приблизно таку ж кількість золошлакової суміші для зворотного засипання. В результаті було рекультивовано 23 га землі, з яких 8 га стали придатними для промислового використання, знижено кислотність ґрунтів на 93%, вміст алюмінію – на 95%, марганцю – на 71%, заліза – на 92%, а також відновлено 4 км струмка Блеклік, який знову став придатним для життя риб та інших водних організмів [112].

Крім того, варто відзначити 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 [113]. 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 [111].

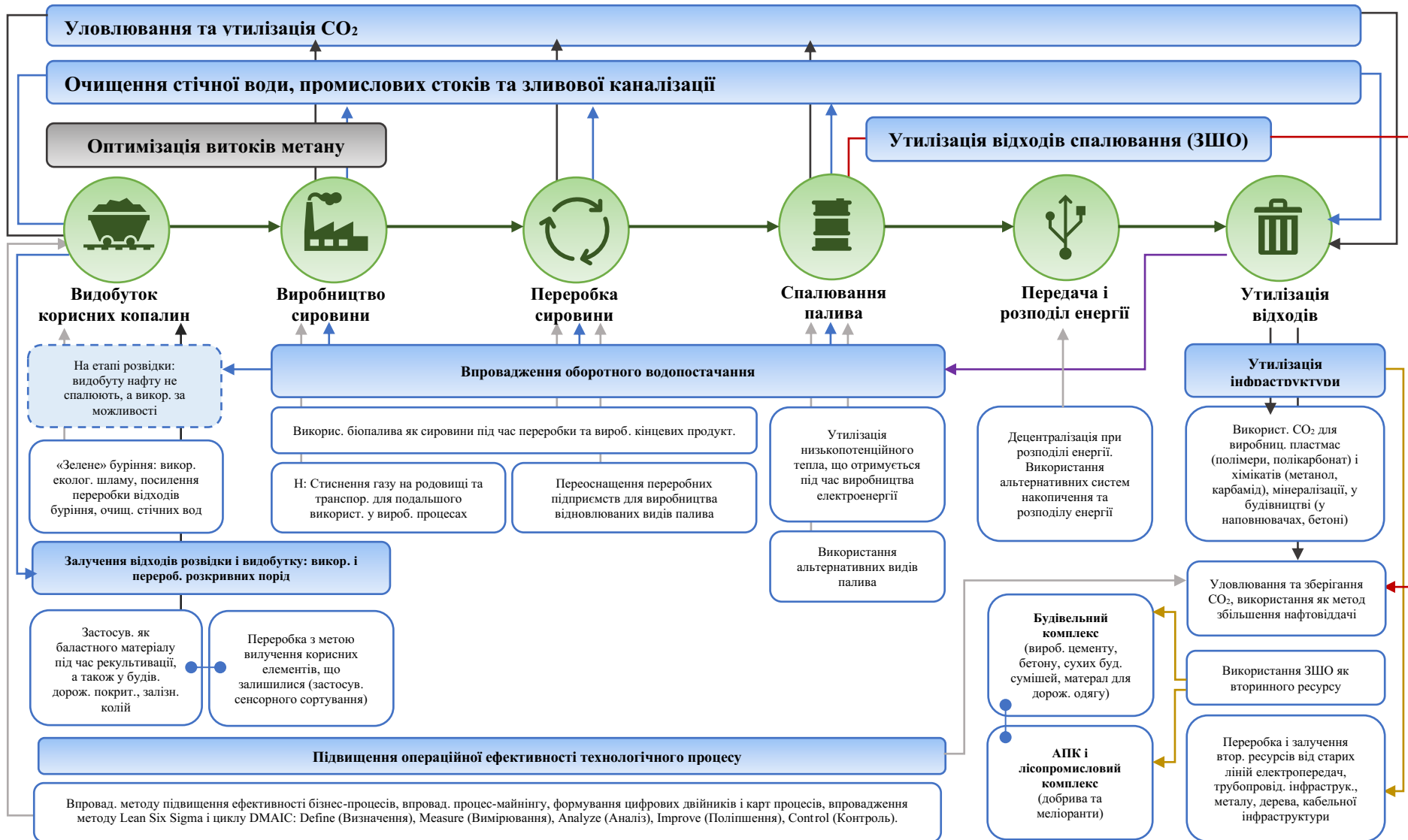


Рисунок 2.4 – Екосистема рішень економіки замкнутого циклу в паливно-енергетичному комплексі

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [109-113]

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.

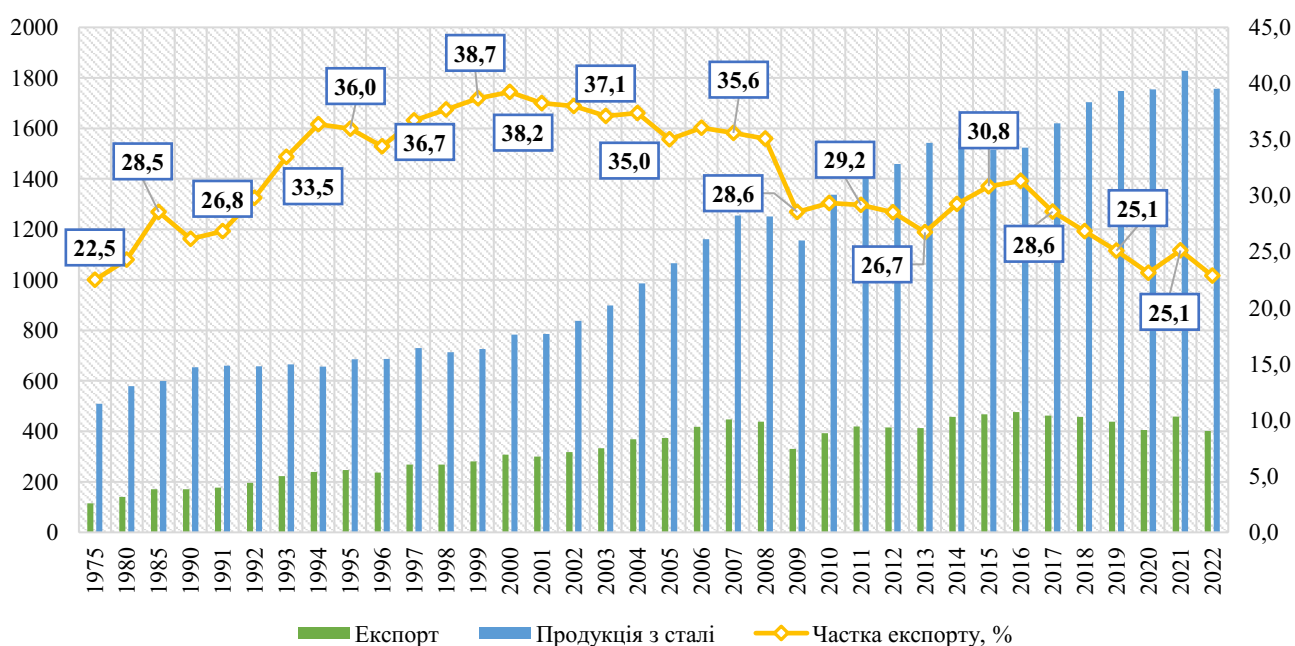


Рисунок 2.5 – Світова торгівля сталлю у продукції, 1975-2022 рр., млн тонн (ліва шкала), % (права шкала)

Джерело: [118]

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 (рис. 2.5) [114; 172].

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, даний блок служить основою для пересадки коралів за відсутності відповідної поверхні морського дна [115]. Ще одним інноваційним прикладом є матеріал Vivary, розроблений компанією Nippon Steel у співпраці з Sumitomo Metal Corporation. Vivary містить сталеплавильний шлак з високим вмістом заліза та штучного гумусу, отриманого шляхом ферментації деревних відходів. Даний матеріал використовується для відновлення водоростевих екосистем, забезпечуючи необхідні для їх зростання елементи, зокрема залізо та кремній. Так, у 2021 році компанія використала близько 800 тисяч тонн сталеплавильного шлаку для відновлення морських екосистем (за рік вдалося відновити популяцію морських ламінарій) [116].

Важливою тенденцією є впровадження концепції урбан майнінгу, що передбачає вилучення металів із міських відходів для їх повторного використання в металургійних процесах. Даний підхід не лише знижує потребу у видобутку первинної сировини, але й сприяє зменшенню обсягів відходів, що накопичуються в міських зонах, підвищуючи таким чином ефективність ресурсокористування в умовах глобальної економіки. Прикладом є діяльність компанії Hydro, що розташована в Норвегії та виробляє алюміній із вторинної сировини під брендом Hydro CIRCAL.

Так, Hydro CIRCAL використовує щонайменше 75% алюмінієвого лому у виробничому процесі, що дозволяє суттєво знизити енергоємність виробництва (на 95% порівняно з первинним виробництвом алюмінію) та скоротити викиди вуглекислого газу більш ніж на 85%. На сьогодні викиди CO<sub>2</sub> на один кілограм алюмінію в продукції Hydro CIRCAL становлять 2,3 кг, але компанія планує досягти частки вторинної сировини в 100%, що дозволить знизити цей показник до 0,5 кг CO<sub>2</sub> на кілограм алюмінію [117].

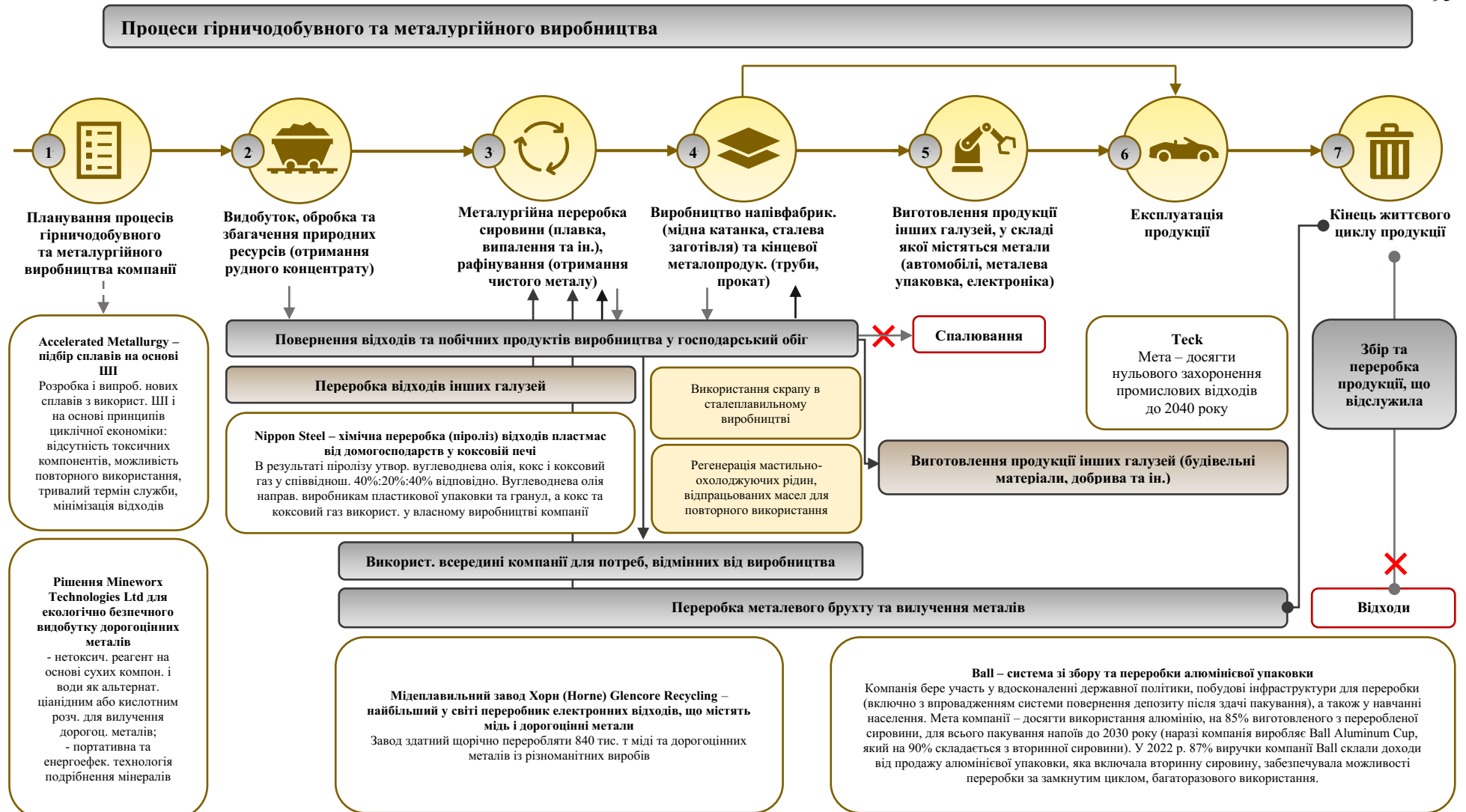


Рисунок 2.6 – Модель рішень економіки замкнутого циклу у металургійній промисловості

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [114-118]

Впровадження сучасних технологічних, технічних та організаційних рішень також сприяє підвищенню ресурсо- та енергоефективності металургійного виробництва. Наприклад, застосування цифрових технологій, таких як сенсорні системи для сортування руди, дозволяє збільшити обсяги вилучення цінних компонентів, а також зменшити споживання води, енергії та реагентів на тонну продукції. Впровадження цифрових двійників процесів дозволяє підвищити точність управління ресурсами та знизити кількість відходів.

Таким чином, можна сформулювати модель циклічних рішень у металургійній промисловості (рис. 2.6). Її основою є інтеграція інноваційних підходів до планування процесів видобутку та металургійного виробництва, що базуються на використанні штучного інтелекту для оптимізації підбору сплавів та впровадження принципів циркулярної економіки; використанні нетоксичних реагентів для вилучення металів та енергоефективних технологій обробки сировини; інтеграції систем повторного використання водних ресурсів, що сприяють зменшенню споживання води у виробничих процесах та підвищенню загальної ефективності циклу.

Металургійна переробка сировини та подальше рафінування дозволяють зменшити кількість відходів через повторне використання побічних продуктів та їх переробку. Наступний етап моделі охоплює виробництво напівфабрикатів та кінцевої продукції, де широко використовується металобрухт та відновлені ресурси. Паралельно здійснюється регенерація мастильних рідин та інших матеріалів для подальшого використання у виробничих процесах. Кінцевий етап передбачає завершення життєвого циклу продукції, збір та переробку відпрацьованих виробів для вилучення та повторного використання металів, що забезпечує мінімізацію відходів та зниження впливу на навколишнє середовище.

Важливим є і будівельний комплекс, який включає проектування, будівництво, експлуатацію та демонтаж будівель і споруд. У 2023 р. він забезпечував робочі місця для 46 млн осіб у країнах ОЕСД (рис. 2.7), що підкреслює його важливість для ринку праці та економічного розвитку. Проте даний сектор є також 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 та Міжнародної енергетичної агенції (*МЕА, англ. International Energy Agency – IEA*), будівельний сектор і нерухомість складають 39% загальних викидів CO<sub>2</sub> у світі [119]. Важливим аспектом є й те, що під час проектування рідко враховується можливість утилізації матеріалів після завершення життєвого циклу будівель, а вже утворені відходи будівництва та знесення мають низький рівень повторного використання.

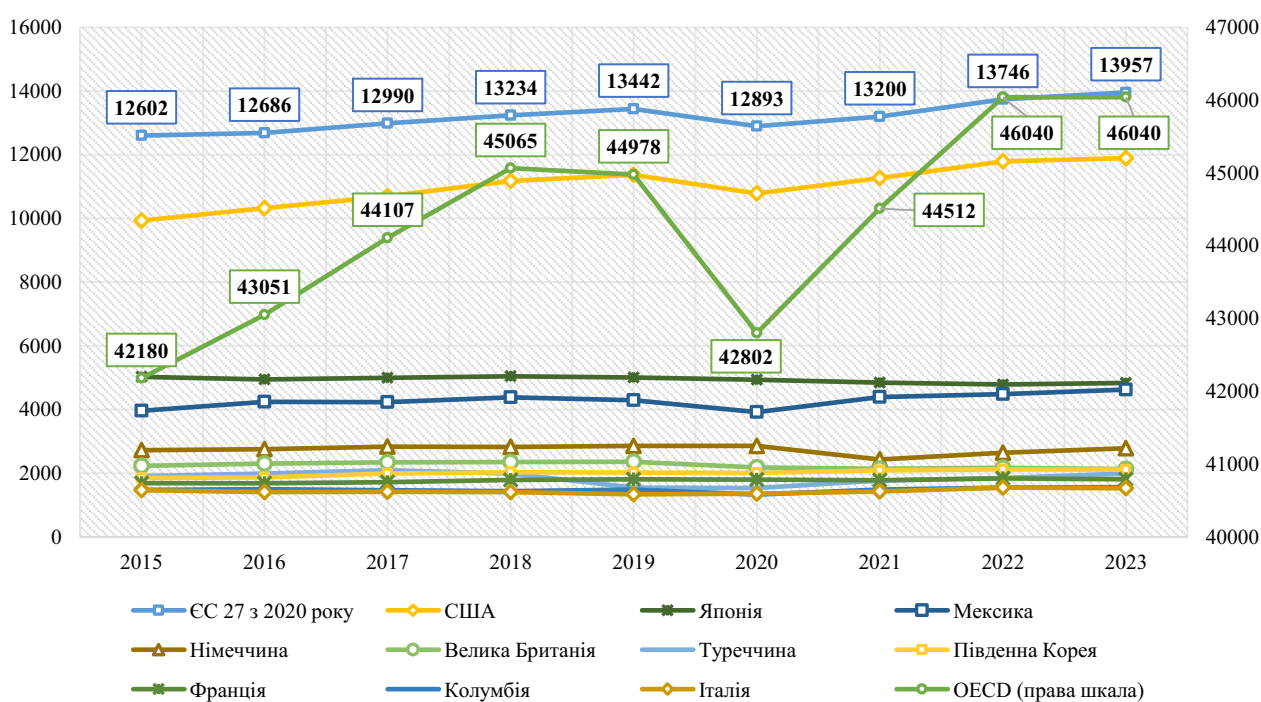


Рисунок 2.7 – Зайнятість у будівельному секторі, 2015-2023 рр., тис. осіб

Джерело: [125]

Таким чином, для впровадження принципів циркулярної економіки в будівництві необхідно забезпечити максимальне продовження терміну експлуатації будівель, що досягається шляхом модернізації наявних споруд і проектування нових з урахуванням можливості повторного використання їх компонентів і матеріалів. Перехід від знесення до демонтажу, а також створення державної системи економічних стимулів, є ключовими аспектами цієї трансформації. Окрім того, будівельні відходи, зокрема інертні матеріали (бетон,

цегла, кераміка), які становлять орієнтовно 90% відходів, створюють значні можливості для їх повторного залучення в економічні процеси [119; 172]. Загалом понад 75% відходів будівельної галузі можуть бути повторно використані. Наприклад, одна тонна склабою економить 600 кг піску, 200 кг соди та 200 кг вапняку [119].

Однією з ключових тенденцій у будівельному секторі є використання відновлювальних 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 [119]. 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 [120].

У свою чергу міжнародні стандарти екодизайну, енерго- та ресурсоефективності, такі як BREEAM, LEED, PHI, IEC 62430:2019, активно сприяють будівництву об'єктів з тривалим терміном служби. Так, згідно з даними Європейської комісії, впровадження екодизайну в будівництві дозволило заощадити 120 млрд євро на витратах на електроенергію в Європі у 2021 році [121; 172].

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 CO<sub>2</sub> на 38% та збереження 20% залишкової вартості будівельних матеріалів наприкінці їх життєвого циклу [122]. Інший приклад – група європейських етичних банків Triodos, 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. Офіс спроектовано з урахуванням енергоефективності, з великими вікнами, прозорими стінами та світловими люками, а також з можливістю збору та

використання дощової води [123]. Будівельна компанія VINCI, що розташована у Франції також активно впроваджує циклічні рішення в проєктуванні, використовуючи вторинні матеріали та принципи екодизайну. У результаті підприємство виробляє 14 млн тонн гравійного покриття на рік з перероблених матеріалів. Додатково, 46% асфальтобетонних матеріалів переробляється на власних майданчиках (VINCI Autoroutes), а 57% доходу отримується від переробки відходів (VINCI Immobilier) [124].

Окрім корпоративних ініціатив, значний внесок у впровадження принципів циркулярної економіки здійснюють й біржі будівельних матеріалів та вторинних ресурсів. Ці платформи функціонують як бізнес-моделі або маркетплейси, що сприяють продажу та придбанню невикористаних будівельних матеріалів (цемент, цегла, двері, підвіконня та інші). Прикладом є Materials Marketplace – онлайн-маркетплейс, який дозволяє продавати або обмінювати товари та матеріали з метою їх подальшого повторного використання. Платформа об'єднує мережу підприємств та організацій, завдяки якій важкопереробні відходи та побічні продукти однієї компанії стають ресурсом для іншої. За час роботи Materials Marketplace було досягнуто наступних результатів: понад 2 600 підприємств та організацій стали учасниками платформи; 9 200 тонн матеріалів було використано повторно; у 2022 році 88% матеріалів, представлених на біржі, було розпродано [126].

Окрім того, було створено програмне забезпечення Cycle Up, яке дозволяє створювати цифрові паспорти матеріалів і елементів зі сценаріями їх вторинного використання в рамках інформаційної моделі будівлі (BIM), а також здійснювати інвентаризацію елементів і матеріалів для існуючої забудови. Результати діяльності компанії включають: до 70% економії завдяки повторному використанню та відновленню матеріалів; запобігання утворенню 5 441 тонни відходів за 5 років; залучення понад 1 500 компаній-користувачів платформи [127].

Узагальнюючи, можна сформулювати модель рішень економіки замкнутого циклу в будівельному комплексі (рис. 2.8).

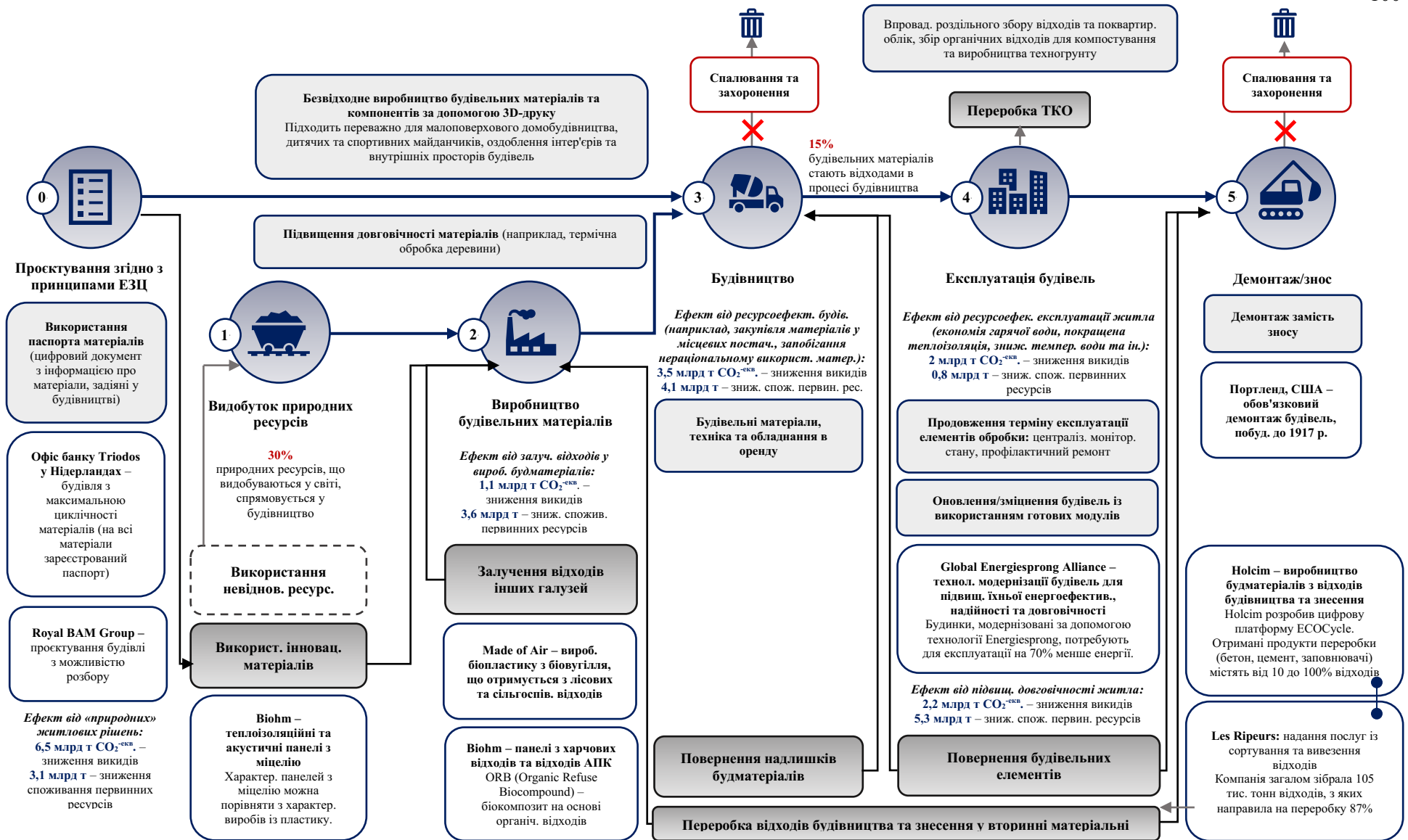


Рисунок 2.8 – Модель рішень економіки замкнутого циклу в будівельному комплексі

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [119-124]

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 р. обсяг світового ринку побутових електронних пристроїв досяг 8,6 млрд одиниць, а до 2028 р. прогнозується зростання ринку смартфонів на 6,17% [128]. Проте даний ріст супроводжується й суттєвим підвищенням обсягів електронних відходів, яких у 2022 р. 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. 2.9). Окрім того, лише 22,3% залишків підлягають контрольованій утилізації, що створює значні екологічні та економічні ризики через вміст токсичних компонентів (рис. 2.9) [129; 172].

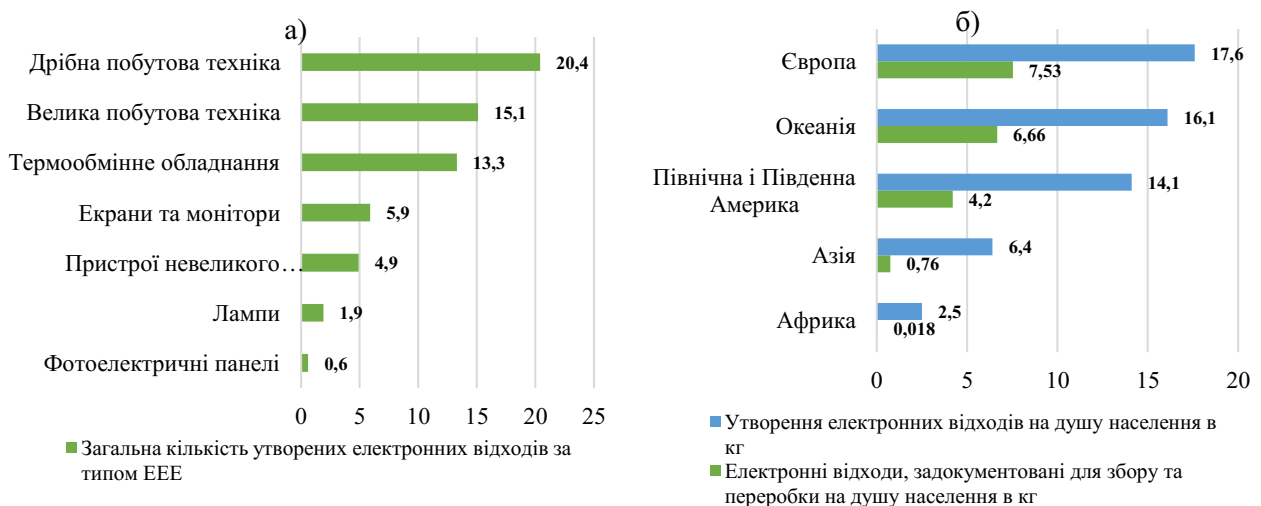


Рисунок 2.9 – а) Загальна кількість утворених електронних відходів за типом електричного та електронного обладнання (ЕЕЕ), 2022 р., млрд кг;  
 б) Кількість утворених та зібраних електронних відходів, 2022 р., кг на душу населення

Джерело: [129]

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 р. такі залишки містили 31 млрд кг металів, з яких приблизно 19 млрд кг 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 [129].

Наступною важливою тенденцією є інформування споживачів про ремонтпридатність і відновлення техніки. Наприклад, у Франції введено індекс ремонтпридатності, що оцінює можливість відновлення виробу за низкою 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 [130]. У Німеччині ж всі магазини електроніки зобов'язані приймати від споживачів зламану або застарілу техніку, а за порушення правил утилізації передбачені штрафи до 5000 євро [131; 172].

Крім того, все більше компаній підтримують рух «Право на ремонт» (*англ. Right to Repair*), спрямований на забезпечення довговічності та ремонтпридатності техніки. Відновлення електронних пристроїв дозволяє повернути їх на ринок у робочому стані через ремонт чи заміну компонентів. Наприклад, платформа iFixIt надає понад 50 тисяч інструкцій з ремонту та охоплює 13 тисяч пристроїв, включно з продукцією таких компаній, як Google, Microsoft, Nokia, Samsung та HP [132].

Ще однією тенденцією є стандартизація компонентів і підходів у виробництві, що сприяє скороченню відходів. Наприклад, Європейський Союз зобов'язав виробників забезпечити всі ноутбуки стандартним USB Type-C роз'ємом до квітня 2026 р. Так, дане рішення сприятиме зменшенню кількості різних зарядних пристроїв та оптимізації використання ресурсів [133].

Важливу роль також відіграють й 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 [134]. Це сприяє впровадженню сталих рішень у процеси виробництва електроніки та мінімізації шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, актуальні тенденції в електротехнічній галузі орієнтовані на раціоналізацію використання ресурсів та мінімізацію екологічного впливу шляхом інтеграції принципів циркулярної економіки. Це закладає підґрунтя для формування моделі циклічних рішень, що охоплює весь життєвий цикл продукції: від видобутку та переробки сировини до проектування, орієнтованого на довговічність, спільного використання, ремонту та відновлення (рис. 2.10). Важливими елементами є повернення товарів для повторного використання компонентів у виробництві та переробка матеріалів для створення нових виробів. Така модель сприяє формуванню замкнутого ресурсного циклу, підвищенню виробничої ефективності та забезпеченню сталого розвитку галузі.

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. Однак застосування упаковки здебільшого не відповідає принципам циркулярної економіки. Так, на етапі проектування продукції заходи щодо мінімізації пакувальних матеріалів залишаються поодинокими, більшість упаковок має багатокomпонентний склад, що ускладнює його переробку та повторне використання, а багаторазові рішення застосовуються рідко.

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 р. оцінювався у понад 265 млрд дол. США.

Серед основних споживачів полімерних матеріалів для пакування продукції виділяються компанії, що функціонують у сферах виробництва напоїв, харчової промисловості та товарів масового споживання. Так, найбільші обсяги пластику використовують такі транснаціональні корпорації, як Coca-Cola, PepsiCo, Nestlé та Unilever [135].

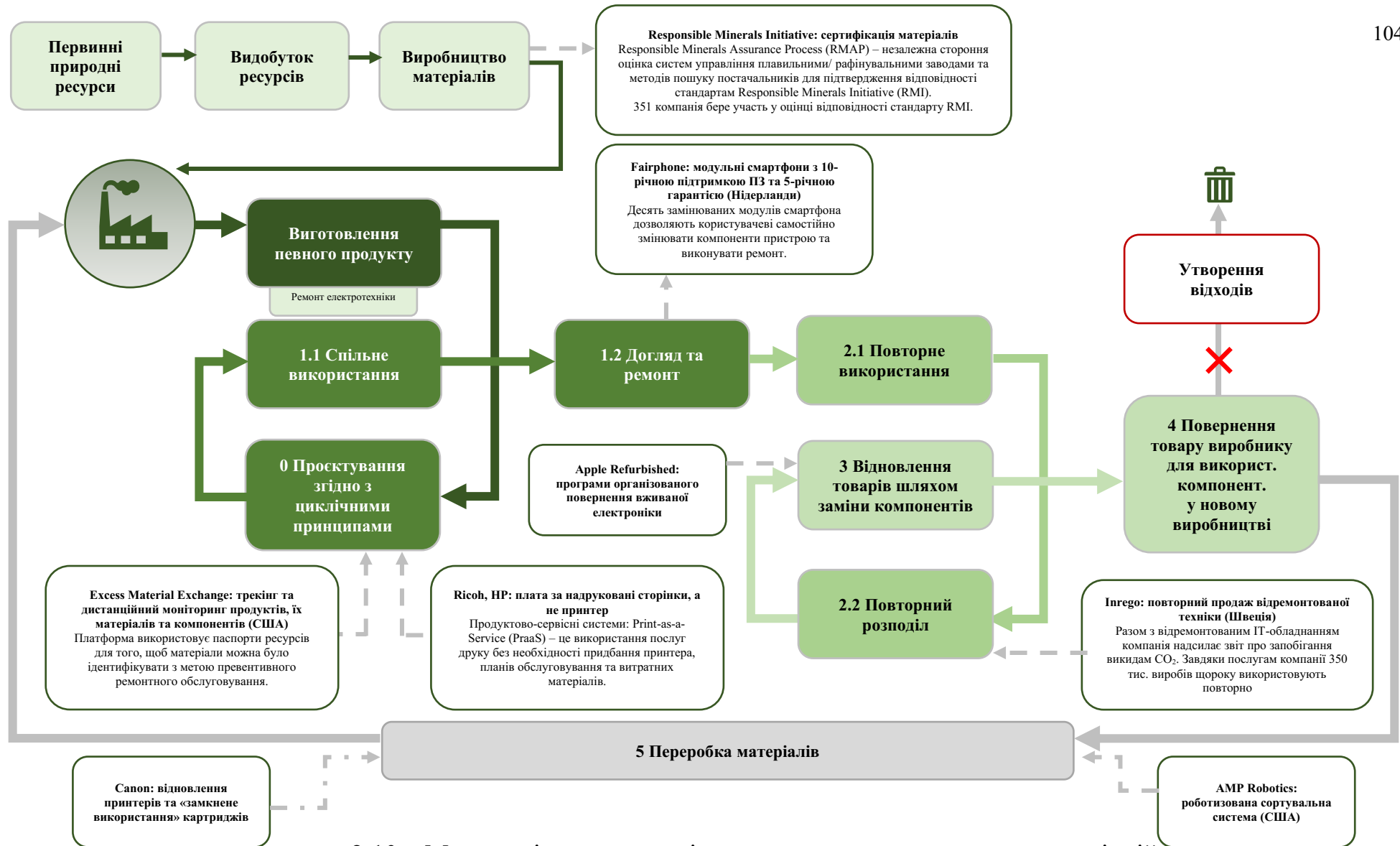


Рисунок 2.10 – Модель рішень економіки замкнутого циклу в електротехнічній галузі

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [128-134]

Зокрема, у 2022 р. Coca-Cola Company використала 3,43 тонн пластикової упаковки, демонструючи тенденцію до щорічного збільшення цього показника. PepsiCo також наростила обсяг даних пакувальних матеріалів до 2,6 млн тонн, що свідчить про стабільний попит на полімери у виробничих процесах. Проте деякі корпорації, зокрема Nestlé та Unilever, намагаються скоротити застосування пластикової тари, орієнтуючись на принципи сталого розвитку. Так, Nestlé зменшила обсяги використання пластику з 1,27 млн тонн у 2020 р. до 0,93 млн тонн у 2022 році, що свідчить про поступову оптимізацію пакувальних процесів [135] (рис. 2.11).

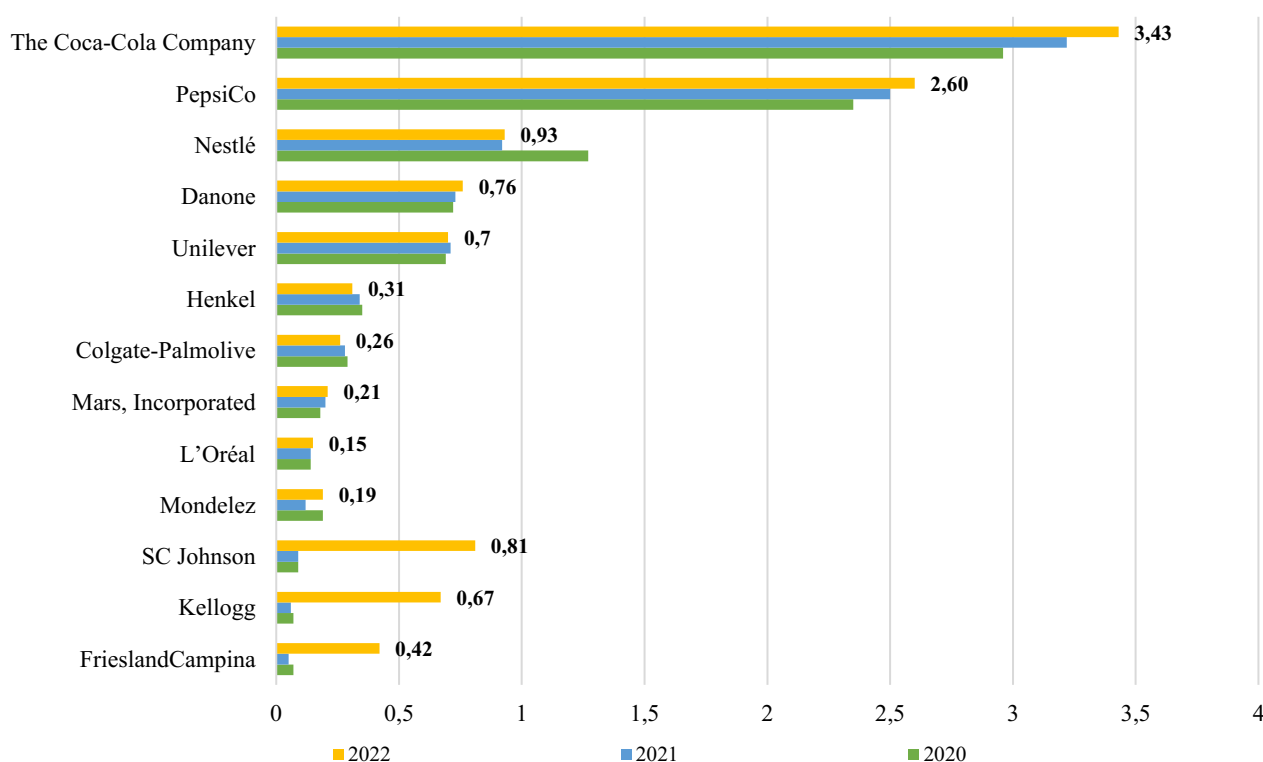


Рисунок 2.11 – Річний обсяг пластикової упаковки, що використовується міжнародними компаніями, 2020-2022 рр., млн тонн

Джерело: [135]

Таким чином, зростання виробництва пластику протягом останніх 70 років у 230 разів призвело до утворення близько 400 млн тонн пластикових відходів щорічно, з яких лише 10% підлягають переробці, а приблизно 22% -

захоронюються або спалюються на нелегальних звалищах [136; 137]. Крім того, викиди парникових газів від виробництва та утилізації пластику становлять 3,4% світових викидів і, за прогнозами, можуть подвоїтися до 2060 року [138].

З огляду на ці виклики, підприємства починають впроваджувати інноваційні підходи, що відповідають принципам циркулярної економіки. Серед прикладів таких рішень – розробка нових матеріалів (рис. 2.12). Так, американська компанія Ecovative Design виробляє пакування з міцелію та рослинних стебел, яке розкладається за 30 днів і вже використовується такими корпораціями, як ІКЕА та Dell [139]. Гонконгська компанія 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 [140; 172].

Наступна тенденція – використання власної тари, яка набуває поширення як у побуті, так і в громадських просторах (рис. 2.12). Наприклад, Unilever запровадила технологію Cif escorefill, що дозволяє споживачам багаторазово наповнювати флакони мийних засобів, зменшуючи споживання пластику на 75% та запобігаючи виробництву 1,5 млн пластикових пляшок у Великій Британії [141]. Зі свого боку компанія Cernol впроваджує рефіл-станції для побутової хімії, де споживачі можуть наповнити свої ємності та придбати товар на місці [142].

Оборотна тара також стає ключовим елементом у моделі циркулярної економіки (рис. 2.12). Так, компанія Loop організовує збір та повторне використання упаковки у співпраці з мережами Carrefour, Walmart та Coca-Cola [143]. У громадському ж харчуванні RECUP & REBOWL надають багаторазовий посуд для сервісів на виніс, який можна здати в будь-яку з 20 тисяч точок у Німеччині [144].

Таким чином, у 2023 р. світовий ринок екологічної упаковки становив приблизно 271,86 млрд дол. США, а до 2028 р. його обсяг прогнозується на рівні понад 393 млрд дол. США. Крім того, передбачається, що до 2030 р. ринок екологічної пластикової упаковки зросте до 143,7 млрд дол. США [137].

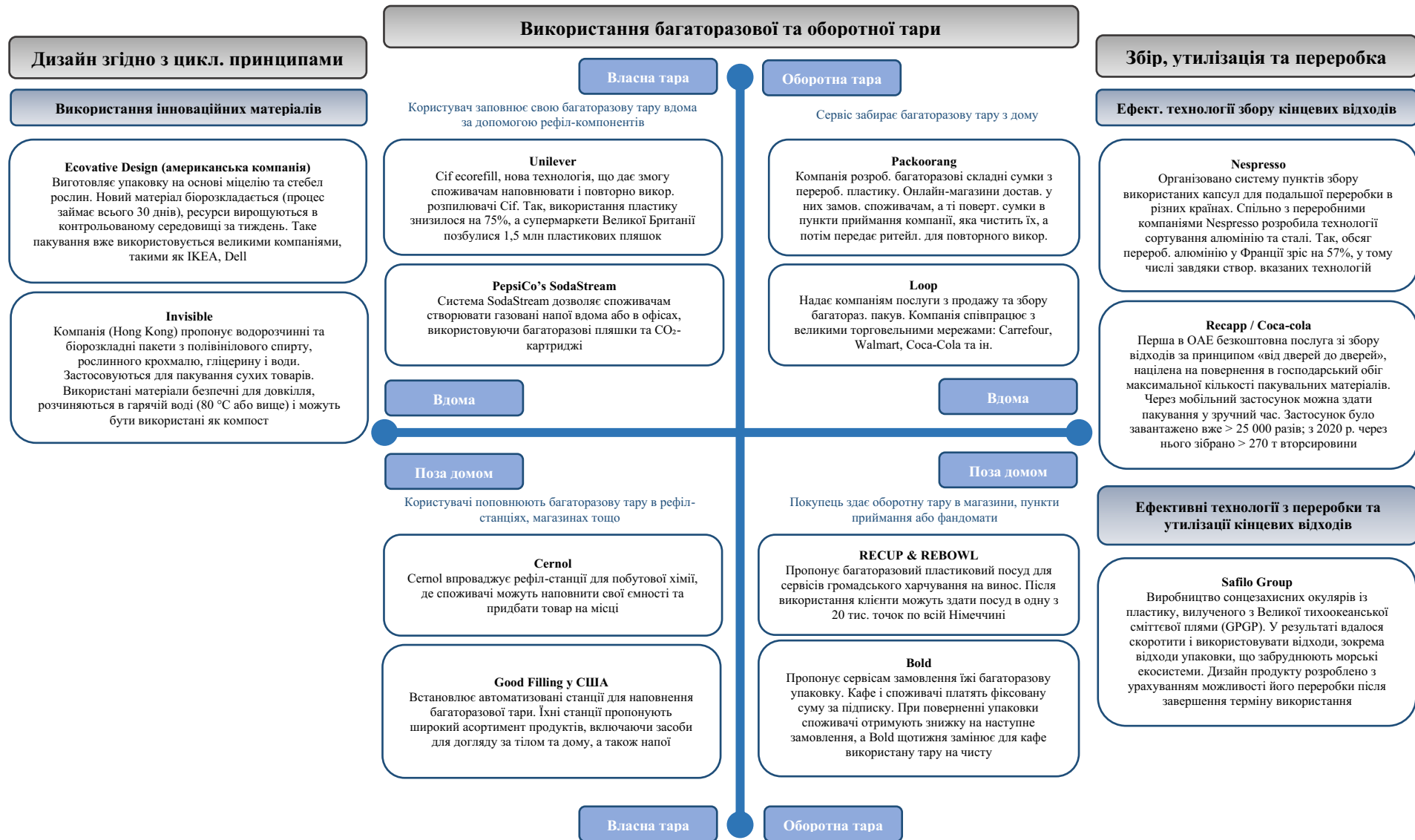


Рисунок 2.12 – Приклади сталих пакувальних рішень у роздрібній торгівлі

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [135-144]

Наступним напрямом дослідження є легка промисловість, яка демонструє стабільне зростання, зумовлене високим попитом на текстильні вироби та активним розширенням ринку одягу. Так, у 2023 р. обсяг глобального ринку текстилю досягнув 1,027 трлн дол. США, і, за прогнозами, до 2032 р. він зросте до 1,445 трлн дол. США зі щорічним приростом на 3,8% [145]. Та попри економічну значущість галузі, вона характеризується значними екологічними викликами. Так, щороку на виробництво текстильних виробів витрачається 98 млн тонн невідновлюваних матеріалів, а обсяг текстильних відходів у світі досягає 92 млн тонн на рік [106; 146]. Окрім цього, виробництво текстилю є джерелом 1,2 млрд тонн викидів парникових газів щороку, що перевищує сукупні викиди від міжнародних авіаційних і морських перевезень [146].

Незважаючи на масштаби проблеми, ефективна переробка текстилю залишається обмеженою: менше ніж 1% текстильних матеріалів повертаються у виробництво у вигляді нового одягу [146]. Особливо проблематичним є синтетичний текстиль, який становить 60% світового виробництва одягу та переробляється лише у кількох країнах, зокрема в Швеції та Нідерландах [147]. Окрім цього, у Європі кожен мешканець щорічно продукує понад 15 кг текстильних відходів, при цьому більше ніж половина предметів гардеробу не використовується взагалі [148; 149; 172].

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 [150]. Важливою тенденцією також є зростання популярності секонд-хенду: у 2022 р. кожна третя покупка одягу в США

припадала на цей сегмент, і прогнозується, що до 2027 р. обсяг ринку секонд-хенду зросте до 350 млрд дол. США, майже подвоївшись [151; 152].

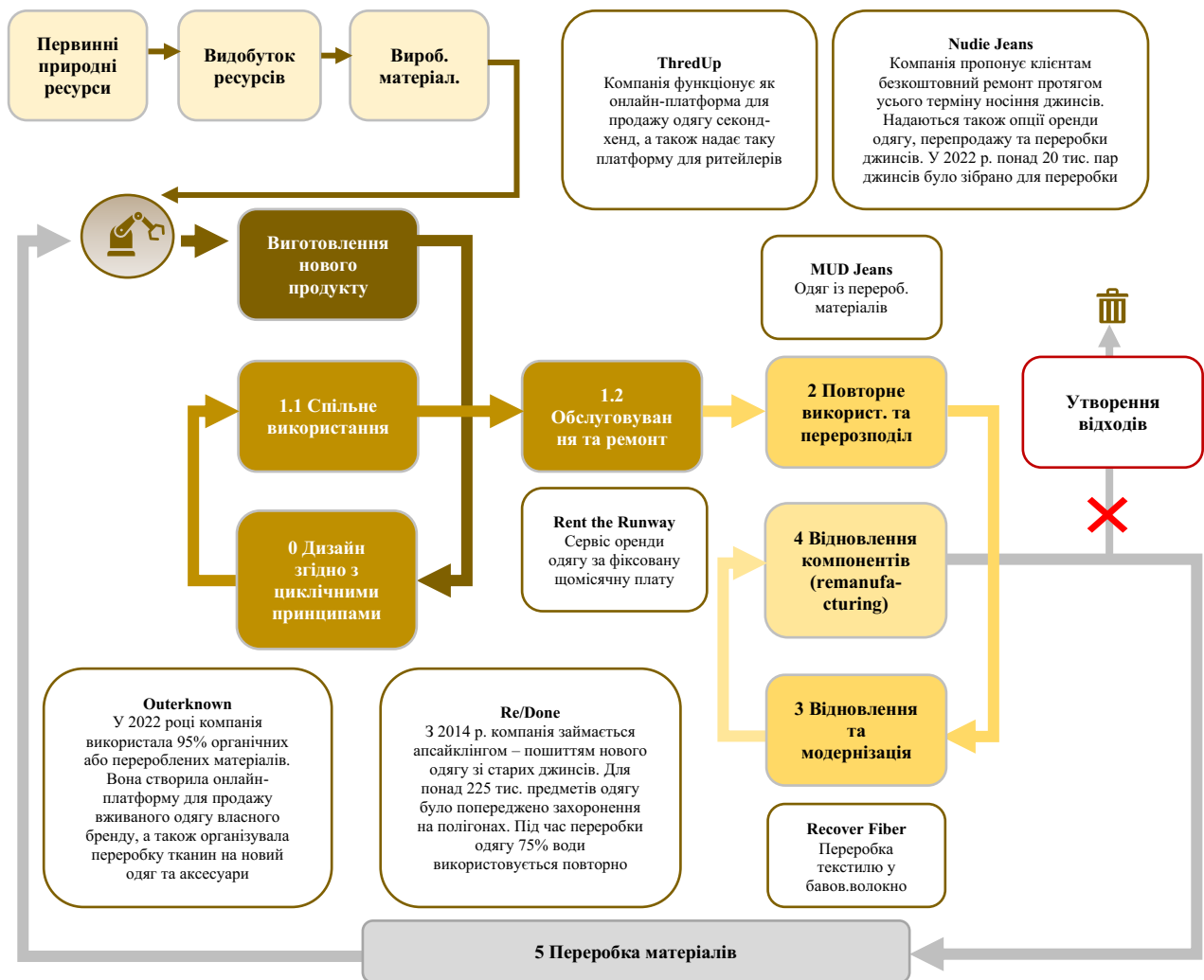


Рисунок 2.13 – Модель рішень економіки замкнутого циклу в легкій промисловості

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [145-155]

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  $\text{CO}_2^{\text{екв.}}$  на 1,73 кг [153]. Нідерландська ж компанія MUD Jeans виробляє джинси, які на 40% складаються з переробленого деніму. Завдяки використанню старих джинсів як сировини, витрати води

зменшуються на 92%, а за останні чотири роки компанія зекономила 533 млн літрів води та скоротила викиди на 1 млн кг CO<sub>2</sub><sup>-екв.</sup> [154]. Інший приклад – компанія Re/Done, яка з 2014 р. спеціалізується на апсайклінгу джинсового одягу, попередивши захоронення понад 225 тис. одиниць текстилю. При цьому 75% води використовується повторно [155].

Таким чином, легка промисловість поступово інтегрує принципи циркулярної економіки, орієнтуючись на розвиток оренди та ресейлу одягу, а також на підвищення ефективності переробки текстильних відходів. Дані заходи сприяють раціональному використанню ресурсів, мінімізації екологічного впливу та забезпеченню сталого розвитку галузі. Загальна модель рішень економіки замкнутого циклу в легкій промисловості зображена на рис. 2.13.

Розглядаючи подальші аспекти економіки замкнутого циклу, варто зосередитися й на агропромисловому комплексі (АПК). Так, незважаючи на суттєві досягнення у виробництві продовольства, галузь стикається з серйозними проблемами, пов'язаними з утворенням значних обсягів харчових відходів. Як свідчать дані Програми ООН з довкілля, 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 роздрібної торгівлі виробили 290 млн та 131 млн тонн відповідно (рис. 2.14). Окрім того, щорічні економічні втрати від харчових відходів сягають 1 трлн доларів [156; 172].

Таким чином, основні заходи сьогодні спрямовуються на скорочення використання зовнішніх ресурсів, впровадження оборотного водопостачання та оптимізацію ланцюгів постачання для мінімізації втрат на всіх етапах виробництва. Важливою частиною цього процесу є й ефективне управління харчовими відходами через їх використання для виробництва компосту, біогазу та біопалива, що сприяє зменшенню вуглецевого сліду галузі (рис. 2.15).

На системному рівні окремі країни та міжурядові організації вже інтегрують принципи економіки замкнутого циклу в аграрний сектор. Так, у Китаї в межах

14-ї п'ятирічки (2021-2025 рр.) реалізується модель «сільського господарства замкненого циклу», яка передбачає скорочення використання енергії та води на 13,5% і 16% відповідно та переробку 86% сільськогосподарських залишків [157]. У свою чергу Європейський Союз зосереджується на розвитку біоекономіки в рамках стратегії «Від ферми до виделки», яка є центральною частиною Європейської зеленої угоди. Так, дана 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 [158].

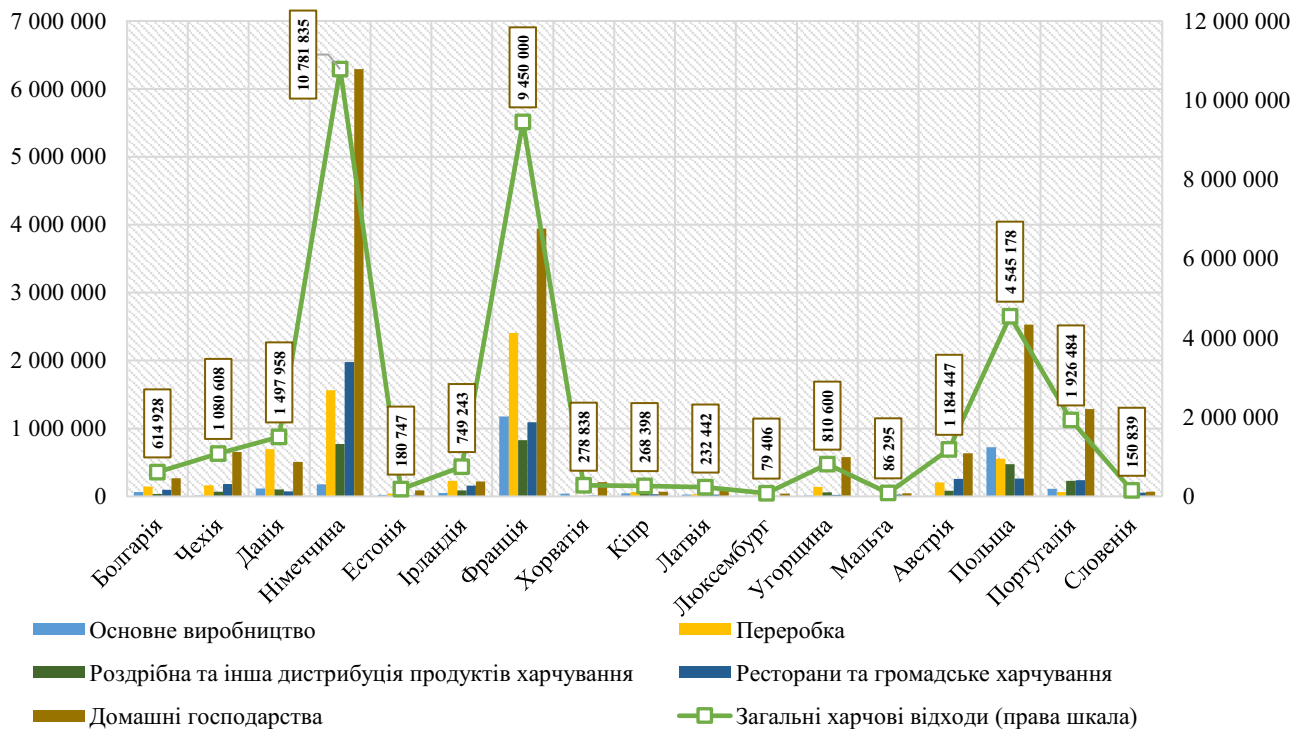


Рисунок 2.14 – Обсяги харчових відходів за секторами економічної діяльності, задекларовані країнами, 2022 р., тис. тонн

Джерело: [163]

Інноваційні технології також відіграють важливу роль у підвищенні ефективності агровиробництва. Так, індійська платформа BharatAgri застосовує штучний інтелект для збору та аналізу даних (від метеостанцій, ґрунтових карт та супутникових знімків) у режимі реального часу, що дозволяє оптимізувати вибір

насіння та добрив для конкретних умов [159]. У сфері біотехнологій компанія Eat Just виробляє альтернативні продукти на основі клітинних культур, зокрема куряче м'ясо та яйця. Так, штучне м'ясо GOOD Meat схвалено до роздрібної реалізації у США та Сінгапурі, а виробництво рослинної альтернативи яєць JUST Egg скорочує споживання води на 98% порівняно з традиційними методами [160].

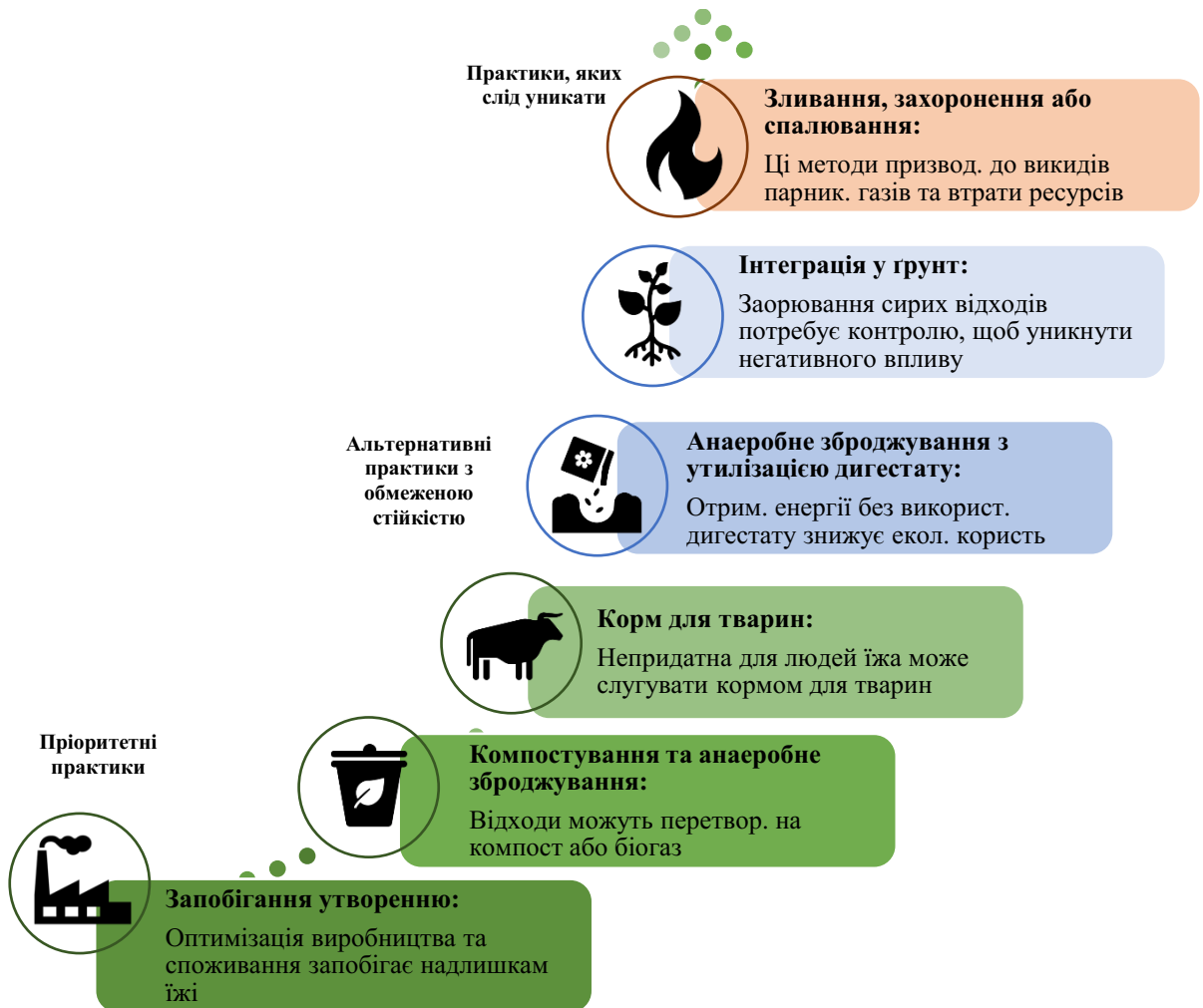


Рисунок 2.15 – Ієрархічна структура підходів до управління харчовими відходами

*Джерело:* розроблено авторами на основі [164]

У свою чергу в сфері управління органічними відходами Aquafinca Saint Peter Fish з Гондурасу виробляє біопаливо з рибних залишків, а Crustell B.V. у Нідерландах використовує рослинні відходи для створення біорозкладної упаковки [161; 162]. Таким чином, впровадження циркулярних рішень в агропромисловому комплексі не лише забезпечує екологічну стійкість, але й

сприяє формуванню нових бізнес-моделей у межах концепції сталого розвитку.

Завершує огляд ключових галузей лісопромисловий 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 даного комплексу призводить до значних екологічних втрат: за даними Forest Declaration Assessment, у 2023 р. було втрачено від 5,4 до 6,4 млн га лісів, що вказує на збільшення площ вирубок порівняно з попереднім роком (рис. 2.16), зокрема знищення 2,6 млн га лісів із високим рівнем біорізноманіття, що перевищує показники 2022 р. на 18% [165].

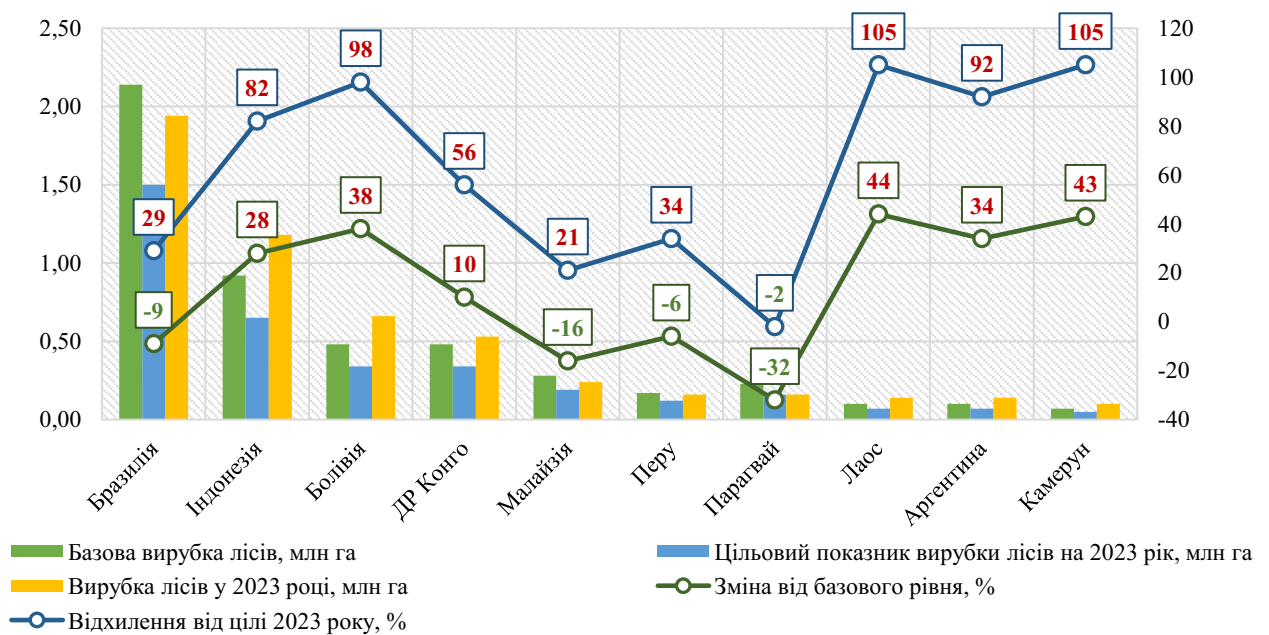


Рисунок 2.16 – Країни з найбільшими абсолютними площами вирубки лісів, 2023 р., млн га (ліва шкала), % (права шкала)

Джерело: [165]

Окрім того, масштаби нелегальних лісозаготівель коливаються від 51 до 152 млрд дол. США щорічно, що становить до 15% світових поставок деревини, а в деяких регіонах цей показник сягає 50% [166]. Недостатній рівень утилізації

деревних відходів лише погіршує ситуацію: у Європі 30% таких залишків спалюється з отриманням енергії, тоді як 37% підлягає захороненню або спалюванню без використання для енергетичних потреб [167; 172].

Таким чином, однією з важливих тенденцій у подоланні зазначених проблем є впровадження сертифікаційних процедур для лісозаготівель. Такі ініціативи гарантують легальність походження деревини та її відповідність міжнародним екологічним стандартам, що підвищує прозорість лісового сектору 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 [168].

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 [169].

Використання інноваційних технологій для переробки деревини є ще однією тенденцією, яка має на меті скорочення обсягів відходів та підвищення ефективності використання ресурсів. Так, компанією Forust була впроваджена технологія 3D-друку, що дозволяє перетворювати деревні залишки на високоміцні деталі, які використовуються в різних галузях промисловості, зменшуючи залежність від первинних ресурсів і підвищуючи стійкість виробничих процесів [170; 172].

Так, впровадження адаптаційних стратегій для деревних порід, розвиток бізнес-моделей повторного використання матеріалів та застосування інноваційних технологій 3D-друку формують сучасні тенденції розвитку галузі відповідно до вимог сталого розвитку. На основі аналізу цих тенденцій було розроблено модель рішень економіки замкнутого циклу для лісопромислового комплексу, яка враховує багаторівневу утилізацію деревини, оптимізацію

виробничих процесів через промислові симбіози та ефективне використання відходів у нових економічних ланцюгах (рис. 2.17). Запропонована модель спрямована на забезпечення стійкості лісових ресурсів та підвищення економічної ефективності галузі за умов дотримання екологічних стандартів.

Отже, узагальнюючи дослідження новітніх тенденцій у застосуванні інструментів циркулярної економіки у світі, можна виокремити такі ключові напрями розвитку:

–*інтеграція вторинних матеріалів у виробничі процеси*: зростає практика використання компонентів з уживаних продуктів або їх частин як складових елементів у виробництві нових товарів. Відновлення та модернізація деталей дозволяють створювати сучасні моделі з меншими витратами ресурсів та енергії;

–*продовження життєвого циклу продуктів через реставрацію та ремонт*: підвищена увага до методів, що дозволяють продовжити термін експлуатації товарів, сприяє зменшенню потреби у виробництві нових продуктів. Реставрація та ремонт підтримують споживчу цінність продуктів, дозволяючи максимально використати їх потенціал [171];

–*розвиток індустріального симбіозу*: підприємства все частіше встановлюють партнерські відносини, в яких відходи одного виробництва використовуються як ресурси для іншого. Така кооперація підвищує загальну ефективність виробничих процесів, знижує економічні витрати та сприяє скороченню викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub> [171];

–*перехід до моделей «продукт як послуга»*: змінюються традиційні бізнес-моделі, де власність на товар замінюється правом користування. Виробники залишають за собою відповідальність за обслуговування та утилізацію продуктів, що стимулює їх створювати більш довговічні та ремонтпридатні товари;

–*удосконалення технологій переробки матеріалів*: переробка залишається одним із фундаментальних принципів циркулярної економіки. Розробка нових методів безпечної та ефективної переробки матеріалів після завершення життєвого циклу продукту дозволяє повторно використовувати ресурси, зменшуючи залежність від первинної сировини;

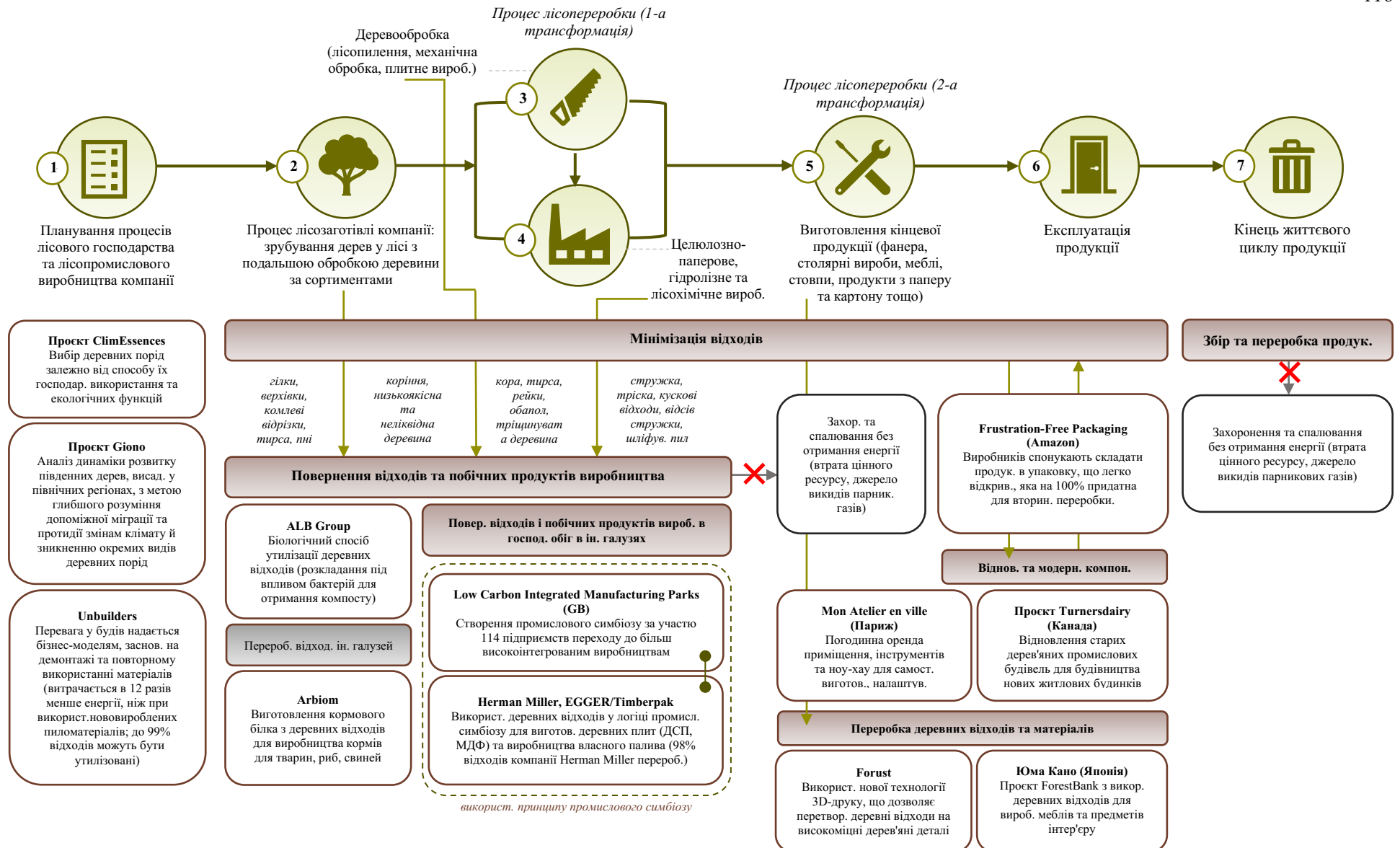


Рисунок 2.17 – Модель рішень економіки замкнутого циклу в лісопромисловому комплексі

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [165-170]

- *впровадження цифрових технологій у циркулярні практики*: розвиток цифрових платформ для спільного використання, оренди та перепродажу товарів сприяє більш раціональному розподілу ресурсів. Інформаційні технології дозволяють відстежувати життєвий цикл продуктів, оптимізувати логістичні процеси та підвищувати прозорість ланцюгів постачання;
- *інновації у сфері матеріалознавства*: розробка біорозкладних матеріалів, нанотехнологій та інших інновацій відкриває нові перспективи для впровадження циркулярних моделей у різних галузях промисловості;
- *підсилення регуляторних та політичних ініціатив*: уряди багатьох країн впроваджують законодавчі та нормативні акти, спрямовані на стимулювання екологічно відповідального виробництва та споживання. Податкові пільги, субсидії та інші економічні стимули підтримують підприємства, які впроваджують принципи циркулярної економіки.

Загалом, сучасні тенденції свідчать про поступовий та всебічний перехід від лінійних моделей виробництва та споживання до циркулярних. Даний процес зосереджується на технологічних та економічних аспектах, які оптимізують використання ресурсів, зменшують кількість відходів та мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище. Ключовими факторами успіху є інноваційні технологічні рішення, міжсекторна співпраця та активна участь урядів та бізнесу. Таким чином, циркулярна економіка стає не лише економічною моделлю, але й невід'ємною частиною стратегії глобального розвитку, спрямованою на вирішення сучасних екологічних та економічних викликів.

## **2.2 Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки**

Розвиток глобальної циркулярної економіки є стратегічно важливим напрямом для забезпечення стійкості світової економіки в умовах екологічних та ресурсних криз. Як було визначено раніше, перехід від лінійної моделі використання ресурсів до циклічної передбачає повторне використання

матеріалів і мінімізацію відходів. Та слід зазначити, що існує низка чинників, що впливають на ефективність даного переходу, серед яких екологічні та економічні фактори, технологічні інновації, політичні ініціативи, зміни у поведінці споживачів, розвиток інфраструктури управління відходами тощо (рис. 2.18). Так, розуміння даних детермінант є важливим для розробки оптимальних стратегій та впровадження ефективних заходів, що сприятимуть успішній реалізації циклічних моделей у різних секторах економіки [173; 175].



Рисунок 2.18 – Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки

*Джерело:* розроблено автором

*Екологічні детермінанти* відіграють ключову роль у стимулюванні переходу до циркулярної економіки, зумовлюючи необхідність підвищення ефективності використання ресурсів та мінімізації екологічного впливу виробничо-споживчих процесів.

Так, у 2024 р. на Азіатсько-Тихоокеанський регіон припадала половина світового видобутку ресурсів, переважно неметалічних корисних копалин (35,1 млрд тонн) та біомаси (11,8 млрд тонн), що пов'язано з високим розвитком будівництва та аграрного сектора (рис. 2.19 та рис. 2.22) [107].

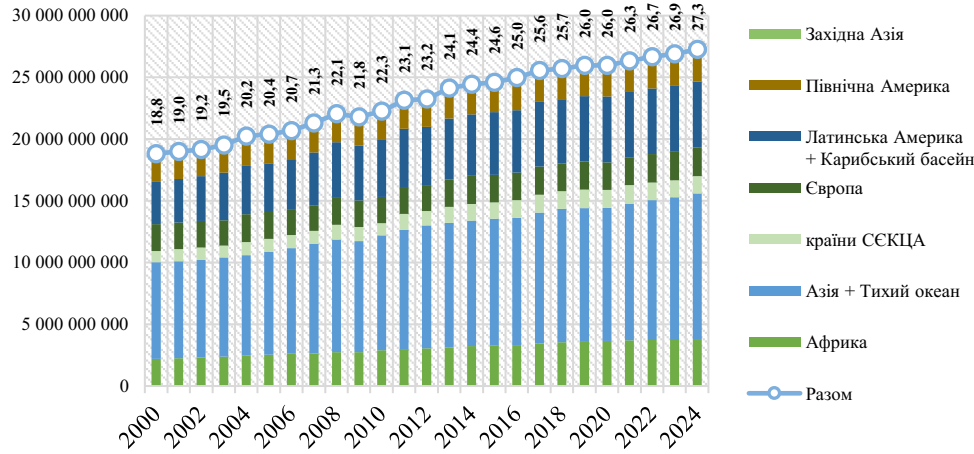


Рисунок 2.19 – Одержання біомаси за регіонами світу, 2000-2024 рр., млрд тонн

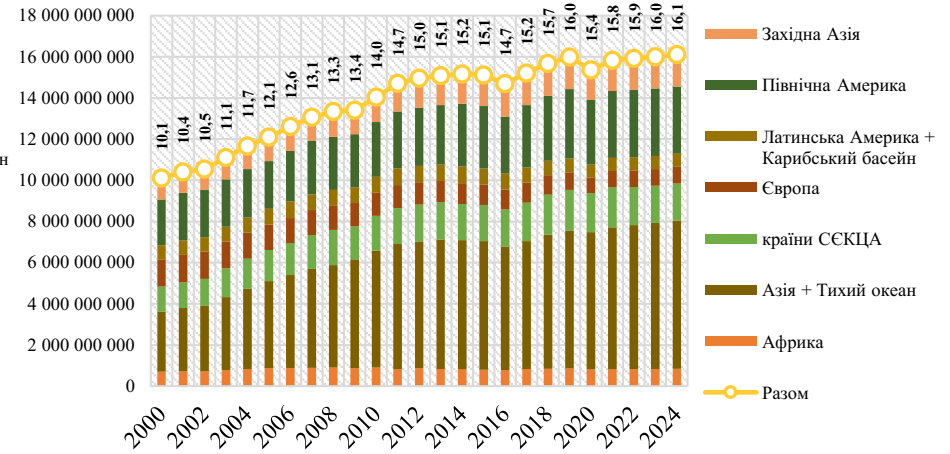


Рисунок 2.20 – Видобуток викопного палива за регіонами світу, 2000-2024 рр., млрд тонн

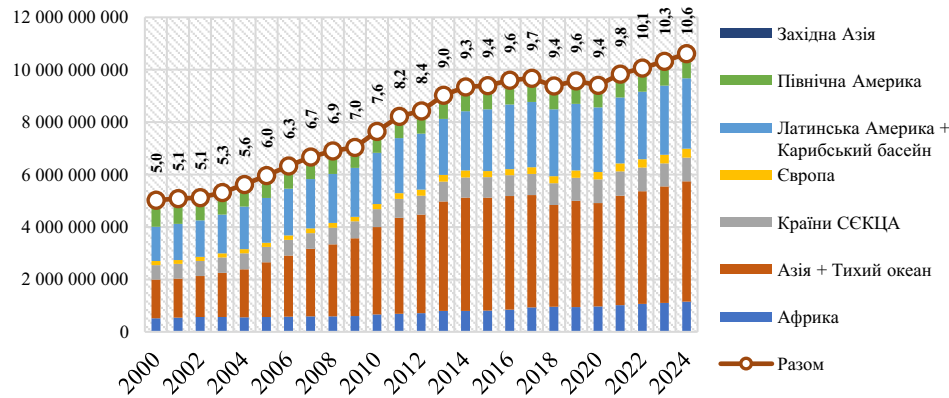


Рисунок 2.21 – Видобуток металевих руд за регіонами світу, 2000-2024 рр., млрд тонн

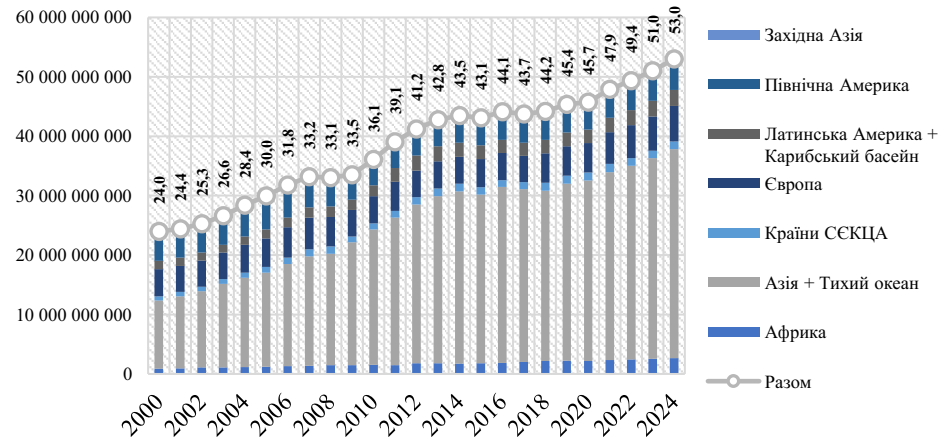


Рисунок 2.22 – Видобуток нерудних корисних копалин за регіонами світу, 2000-2024 рр., млрд тонн

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [107]

Європа ж загалом демонструє помірні темпи видобутку, орієнтовані переважно на внутрішнє споживання, проте у 2024 р. обсяг видобутку неметалічних корисних копалин становив 5,9 млрд тонн, що є другим за величиною показником у світі після Азіатсько-Тихоокеанського регіону (рис. 2.22). Аналогічно у країнах Північної Америки спостерігається значний обсяг видобутку викопного палива – 3,2 млрд тонн, обумовлений високим рівнем промислового розвитку та енергетичними потребами (рис. 2.20). Латинська Америка і Карибський басейн продовжують відігравати ключову роль у постачанні біомаси, обсяг якої досяг 5,3 млрд тонн у 2023 р. (рис. 2.19). Слід зазначити, що найменше біомаси та металевих руд видобувається у Західній Азії – 114 млн тонн та 25 млн тонн відповідно (рис. 2.19 та рис. 2.21) [107].

Погіршення стану навколишнього середовища, зокрема забруднення води, повітря (рис. 2.23) та ґрунтів, а також надмірне накопичення відходів, створює нагальну потребу у впровадженні стійких виробничих практик. Так, стрімке зростання глобального виробництва пластику (близько 400 млн тонн пластикових відходів щорічно) спричиняє серйозні екологічні наслідки, зокрема забруднення ґрунтів і порушення морських екосистем [136]. Залишається актуальною й проблема забруднення водних ресурсів: за прогнозами Організації Об'єднаних Націй (ООН, *англ. United Nations – UN*), до 2030 року світ може зіткнутися з дефіцитом води в 40% при збереженні поточних тенденцій споживання, значною мірою через промислові викиди та неефективне управління відходами [174].

Промисловість, транспорт та енергетичний сектор суттєво впливають й на підвищення рівнів шкідливих речовин в атмосфері, таких як діоксиди азоту, сірки та дрібнодисперсні частки, що спричиняє погіршення якості повітря та завдає шкоди здоров'ю людей. Так, згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ, *англ. World Health Organization – WHO*), понад 90% населення планети дихає повітрям, в якому рівень забруднюючих речовин перевищує встановлені стандарти якості [176]. Крім того, забруднення повітря є одним із ключових чинників зміни клімату, що призводить до довготривалих наслідків для всього світу. Накопичення промислових відходів також негативно впливає на

грунти, зумовлюючи втрату родючості. Так, за даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО, англ. *Food and Agriculture Organization – FAO*), 33% ґрунтів у світі перебувають у стані середньої або високої деградації [175].

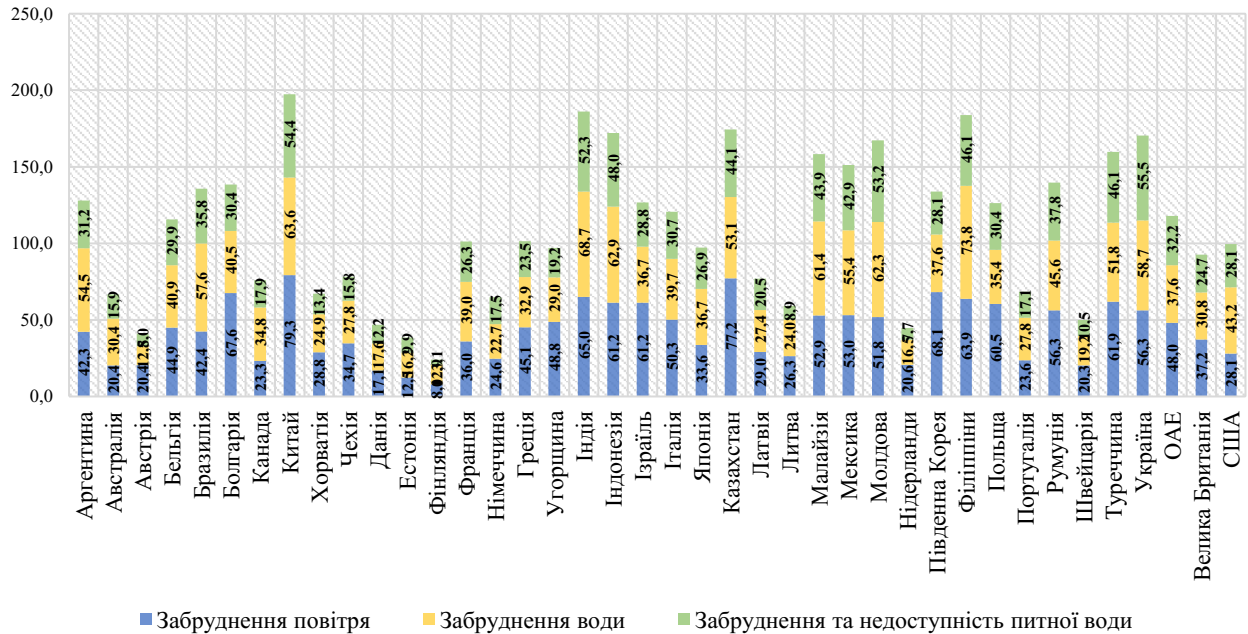


Рисунок 2.23 – Показники забруднення повітря та недоступності питної води у країнах світу, 2024 р., за шкалою 0-100, де 100 – дуже сильне забруднення  
Джерело: сформовано авторами за матеріалами [177]

Глобальний розвиток циркулярної економіки обумовлений також й низкою суттєвих економічних чинників. Так, ефективність управління ресурсами виступає ключовим стимулом, оскільки повторне використання та переробка матеріалів дозволяють компаніям зменшити залежність від первинної сировини. За оцінками Фонду Еллен МакАртур, впровадження принципів циркулярної економіки може призвести до зниження витрат на сировину на 20-30%, що забезпечує значні економічні вигоди [175; 178].

Зростання витрат на управління матеріальними залишками також мотивує компанії до впровадження циркулярних практик. Так, згідно з Глобальним прогнозом поводження з відходами ООН, у 2020 р. прямі витрати на управління

відходами становили близько 252 млрд дол. США (рис. 2.24). З урахуванням прихованих витрат, таких як забруднення навколишнього середовища, погіршення стану здоров'я населення та наслідки зміни клімату, загальна сума зростає до 361 млрд дол. США. За відсутності термінових заходів прогнозується, що до 2050 року ці витрати можуть досягти 640,3 млрд дол. США на рік [179].

Окрім того, ринковий попит на екологічно чисті продукти та послуги надає компаніям, що впроваджують циркулярні моделі, конкурентні переваги. Так, підприємства, які впроваджують стійкі практики, можуть підвищити репутацію бренду, залучити екологічно свідомих клієнтів та збільшити ринкову частку.

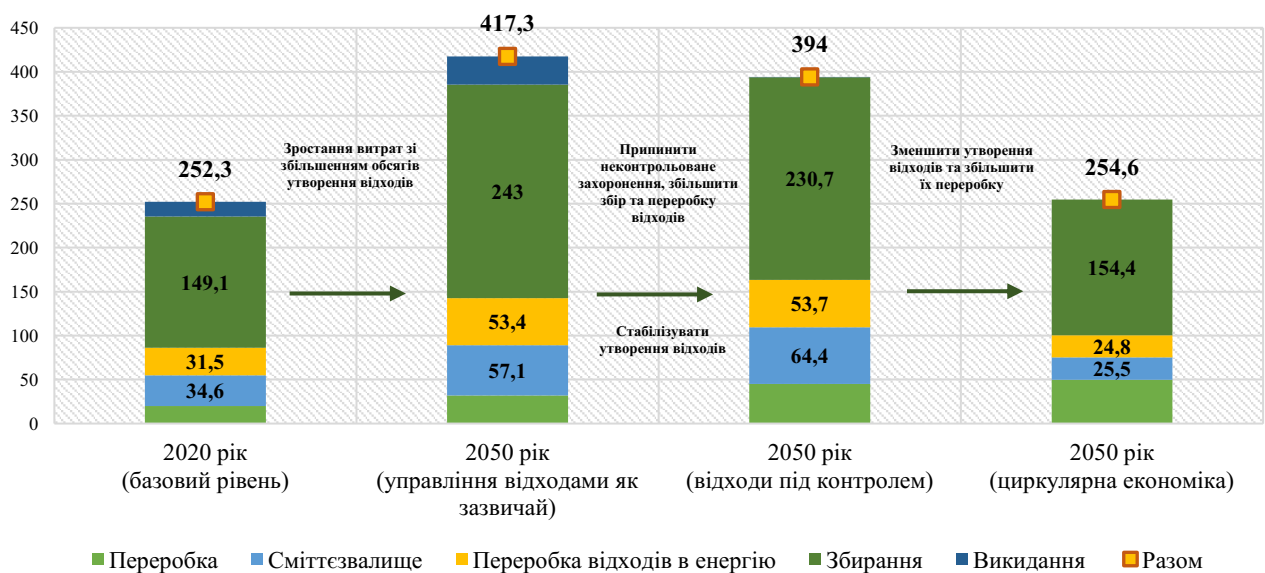


Рисунок 2.24 – Глобальні прямі витрати на управління твердими побутовими відходами у 2050 р. за трьома сценаріями, млрд дол. США

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [179]

У свою чергу *технологічні чинники* значно пришвидшують перехід до циркулярної економіки. Зокрема, впровадження Інтернету речей (*англ. internet of things – IoT*) дозволяє здійснювати моніторинг ресурсів та продуктів у реальному часі, сприяючи ефективному використанню та зменшенню відходів. Наприклад, смарт-сенсори можуть відстежувати споживання енергії та зношення матеріалів, забезпечуючи своєчасне технічне обслуговування та продовжуючи життєвий цикл продуктів. Алгоритми штучного інтелекту (*ШІ, англ. artificial intelligence –*

AI) допомагають у прогнозуванні попиту, мінімізуючи надвиробництво та оптимізуючи рівні запасів. Технологія блокчейн ж сприяє формуванню захищеного та прозорого реєстру транзакцій, який відіграє ключову роль у перевірці походження матеріалів та відстеженні ланцюга їх постачання. Це особливо актуально для процесів повторного використання ресурсів, де необхідна точна і надійна інформація про їхній попередній цикл використання (рис. 2.25).

Окрім того, адитивне виробництво, більш відоме як 3D-друк, відіграє важливу роль у циркулярній економіці, зменшуючи використання ресурсів шляхом усунення марнотратних виробничих практик та виготовляючи складні деталі з невеликою кількістю відходів. До того ж 3D-друк усуває необхідність у традиційних виробничих процесах, таких як лиття під тиском, що дозволяє зменшити споживання енергії та матеріалів, підвищуючи загальну екологічну ефективність виробництва [178].



Рисунок 2.25 – Можливості цифрових технологій для досягнення цілей циркулярної економіки

Джерело: [181]

Слід зазначити, що важливу роль відіграють й передові технології переробки. Наприклад, хімічна переробка пластмас, зокрема піроліз та деполімеризація, є одним із найперспективніших напрямків у сфері утилізації пластикових відходів. Піроліз дозволяє розкладати полімери на їхні мономері при високих температурах без присутності кисню, що забезпечує можливість виробництва синтетичних олій та нових пластмас з мінімальною втратою якості. Окрім того, у біологічних процесах, таких як біодеградація та біотрансформація, використовуються мікроорганізми або ферменти для розкладання складних полімерів на біологічно сумісні компоненти.

Розвиток та впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітрової, також є важливими компонентами циркулярної економіки. Вони знижують залежність від викопних видів палива та сприяють значному зменшенню викидів парникових газів. Сонячна енергія, яка отримується за допомогою фотогальванічних панелей, та вітрова енергія, вироблена за допомогою вітротурбін, виступають стабільними та екологічно чистими джерелами електроенергії, що формують фундамент для сталого розвитку.

Загалом розмір ринку цифрової циркулярної економіки становив 2,27 млрд дол. США у 2023 р. та прогнозується, що до 2028 р. він досягне 7,81 млрд дол.США зі складним річним темпом зростання (*англ. Compound annual growth rate – CAGR*) 28,1%. Такий динамічний розвиток пояснюється зростанням інвестицій у цифрові інновації, спрямовані на ефективне використання ресурсів (стартапи), розширенням циркулярних бізнес-моделей, зниженням витрат на переробку матеріалів і активізацією економіки спільного використання. Серед ключових технологічних тенденцій, що впливатимуть на цей ринок у прогностичний період, слід відзначити впровадження цифрових двійників для моделювання та управління процесами, автоматизацію через робототехніку та впровадження розумних мереж для енергетичного менеджменту [180].

*Політико-регуляторні детермінанти* включають міжнародні угоди, національні політики та фінансові стимули, які формують нормативно-правову основу для впровадження циркулярної економіки.

Так, Паризька кліматична угода, ухвалена у 2015 р. (набрала чинності 4 листопада 2016 р.) в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, встановлює важливу ціль – не допустити зростання глобальної середньої температури більше 2°C (за можливості – не більше 1,5°C) відносно показників доіндустріальної епохи. Важливо, що країни-учасниці зобов'язуються реалізовувати національно визначені внески (*HBB*, англ. *Nationally Determined Contributions – NDCs*) для зниження викидів парникових газів (рис. 2.26), що стимулює впровадження інноваційних технологій та відновлюваних джерел енергії – ключових елементів циркулярної економіки [182].

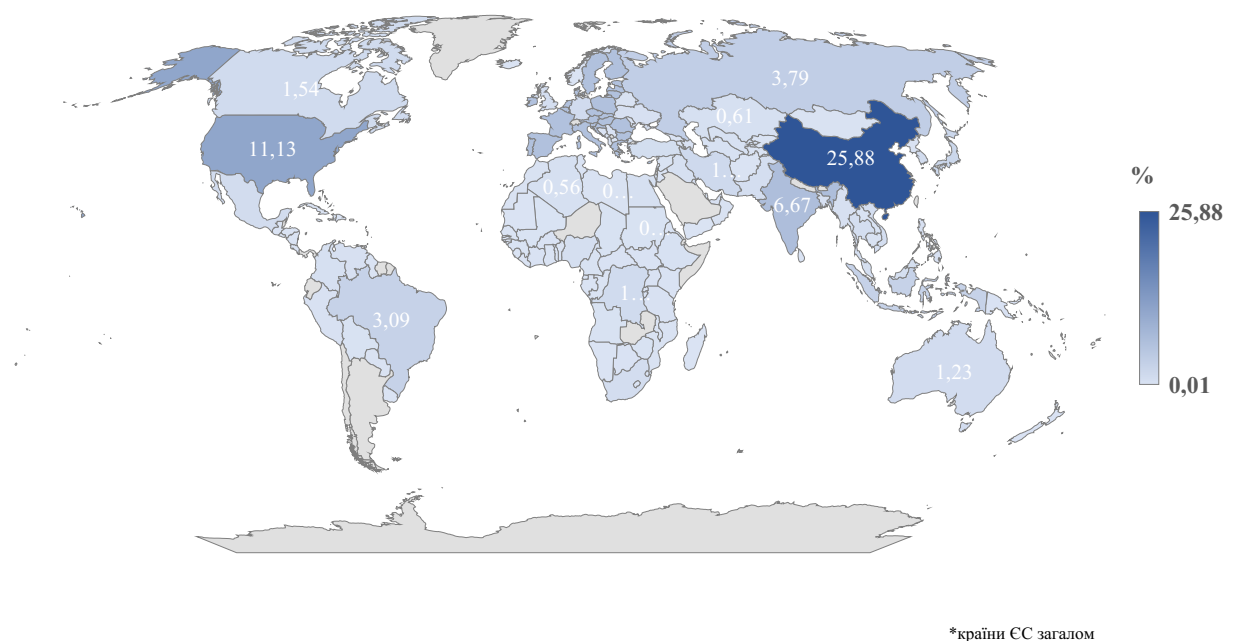


Рисунок 2.26 – Частка глобальних викидів парникових газів за країнами світу, %, згідно з останніми звітними даними (2020-2024 рр.)

Джерело: сформовано авторами за матеріалами [182]

Окрім того, Цілі сталого розвитку ООН (*ЦСР*, англ. *Sustainable Development Goals – SDGs*), затверджені у 2015 р., формують програму дій до 2030 р. Так, Ціль 12, «Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва», безпосередньо спрямована на інтеграцію принципів циркулярної економіки в

глобальні та національні стратегії сталого розвитку, акцентуючи увагу на зниженні споживання природних ресурсів, зменшенні обсягів утворення відходів, а також на впровадженні механізмів їх запобігання, скорочення, переробки та повторного використання. У рамках цієї цілі передбачається стимулювання змін на всіх етапах життєвого циклу продуктів, включаючи проектування, виробництво, логістику, споживання та утилізацію, що дозволяє зменшити екологічний тиск і сприяти створенню стійких ланцюгів постачання. Значущість Цілі 12 зумовлена її комплексною природою, яка забезпечує позитивний вплив на досягнення таких Цілей сталого розвитку, як адаптація до змін клімату та пом'якшення їх наслідків (Ціль 13), охорона морських екосистем та раціональне використання водних ресурсів (Ціль 14), а також збереження наземних екосистем, зокрема лісів, ґрунтів і біорізноманіття (Ціль 15) [183].

На національному рівні, політико-регуляторні детермінанти включають розробку та впровадження законодавчих ініціатив, що регулюють управління відходами, встановлюють відповідальність виробників за весь життєвий цикл продукції та стимулюють розвиток зеленої економіки. Наприклад, Регламент ЄС з екодизайну для екологічно чистих продуктів (*англ. The Ecodesign for Sustainable Products Regulation – ESPR*) від 18 липня 2024 р. є ключовим елементом стратегії Європейської Комісії для створення екологічно сталих та циркулярних продуктів [184]. Іншим прикладом є, згадана у попередньому розділі, розширена відповідальність виробника – інструмент політики, який розширює фінансову та/або операційну відповідальність виробника за продукт, включаючи управління етапом після споживання, щоб допомогти досягти національних або європейських цілей переробки та відновлення [185].

Слід зазначити, що економічні стимули, такі як податкові пільги, гранти та субсидії, також є важливими інструментами підтримки підприємств у впровадженні циркулярних практик. Наприклад, уряд Нідерландів надає податкові пільги компаніям, що інвестують у екологічно чисті технології [186], а грантові програми Швейцарії фінансують дослідження інноваційних рішень для ефективного використання ресурсів [187].

Наступними слід розглянути *соціальні детермінанти*, такі як зміна споживчих звичок, демографічні фактори та соціальні рухи. Так, в останні роки відбувся значний зсув у бік стійких моделей споживання, що обумовлено підвищенням екологічної свідомості. Згідно з глобальним опитуванням NielsenIQ у 2023 р., 73% споживачів заявили про готовність змінити свої споживчі звички задля зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, а 81% респондентів вважають необхідним, щоб компанії брали активну участь у вирішенні екологічних проблем [188]. Окрім того, опублікований звіт RetailX Global Sustainability 2024 показав, що 62% споживачів готові доплачувати за товари, які були вироблені і транспортовані таким чином, щоб не нашкодити навколишньому середовищу, а 53% віддають використані речі на переробку (рис. 2.27) [189].



Рисунок 2.27 – Частота здійснення стійких дій споживачами за результатами опитування RetailX Global Sustainability (липень-серпень 2024 р.): аналіз відповідей 3 608 онлайн-покупців із восьми країн (віком 16-86 років)  
Джерело: [189]

Демографічні зміни також значно впливають на розвиток циркулярної економіки, оскільки глобальне населення, за прогнозами ООН, досягне 8,5 млрд дол. США до 2030 р. та 9,7 млрд дол. США до 2050 р. (рис. 2.28) [190]. Дане зростання, у свою чергу, посилює попит на ресурси, підкреслюючи необхідність

стійких моделей споживання та виробництва. Урбанізація є ще одним критичним демографічним фактором, оскільки за даними ООН, у 2023 р. 56% світового населення проживало у містах, і очікується, що даний показник зросте до 68% до 2050 р. [191]. Так, міські центри служать осередками інновацій та мають сприятливі умови для впровадження циркулярних практик завдяки концентрованій інфраструктурі та ресурсам, що дозволяє ефективніше реалізовувати стратегії стійкого розвитку та управління відходами.

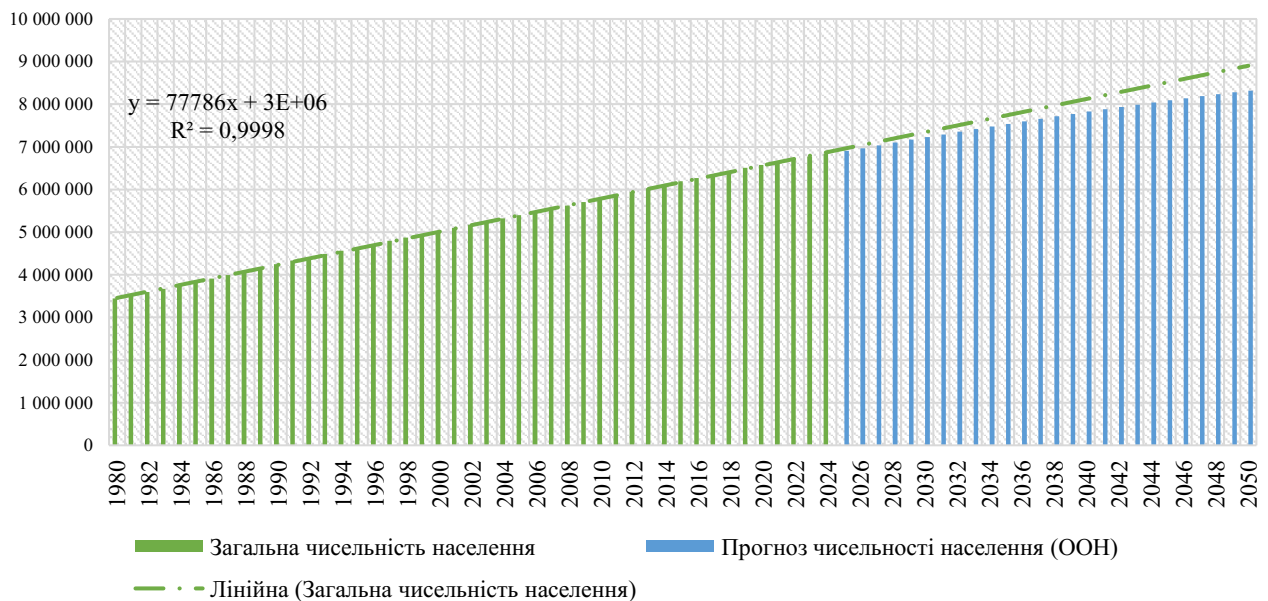


Рисунок 2.28 – Динаміка загальної чисельності населення в країнах, що розвиваються, у 1980-2050 рр., включаючи прогностні значення на період 2025-2050 рр., тис. осіб

Джерело: [190]

Окрім того, значну роль відіграють поколінні зрушення. Так, у глобальному опитуванні Deloitte за 2023 рік виявлено, що приблизно 64% представників покоління Z та 59% міленіалів готові платити більше за стійкі продукти [192]. Їхні пріоритети впливають на ринкові тренди, спонукаючи бізнеси впроваджувати циркулярні практики для задоволення цього зростаючого попиту, що, у свою чергу, сприяє стійкому розвитку економіки та соціальної відповідальності бізнесу.

У свою чергу соціальні рухи та ініціативи виступають каталізаторами змін,

підвищуючи обізнаність суспільства та сприяючи розробці політик, що підтримують циркулярну економіку. Так, екологічний активізм набув значного імпульсу завдяки таким рухам, як Fridays for Future, Extinction Rebellion та Sunrise Movement, які мобілізують мільйони людей по всьому світу із закликами до негайних дій у сфері кліматичних змін та сталого розвитку. Продовжують відігравати важливу роль у просуванні циркулярності й неприбуткові організації. Наприклад, у 2019 році Фонд Еллен МакАртур запустив програму «Circular Economy in Cities», яка співпрацює з міськими урядами [178].

*Корпоративні детермінанти* включають корпоративну соціальну відповідальність (*КСВ, англ. Corporate Social Responsibility – CSR*) та інноваційні бізнес-моделі, що сприяють циркулярності. Так, КСВ стосується зобов'язання компанії відповідально управляти соціальними, екологічними та економічними наслідками своєї діяльності. У контексті циркулярної економіки ініціативи КСВ заохочують бізнеси мінімізувати відходи, зменшувати споживання ресурсів та впроваджувати стійкі практики.

За даними Глобального звіту OECD про корпоративну стійкість за 2024 р., з 43 970 зареєстрованих компаній у світі із загальною ринковою капіталізацією 98 трлн дол. США майже 9 600 розкрили інформацію, пов'язану зі сталим розвитком. Це становить 86% світової ринкової капіталізації, що свідчить про значний рівень залучення бізнесу до стійких практик. Серед 479 зареєстрованих державних підприємств 441 підприємство (98% ринкової капіталізації державних підприємств) розкрило аналогічну інформацію [193].

Аналіз за галузями, представлений у звіті, показує, що частка компаній, які розкривають інформацію про стійкість, коливається від 78% до 91% ринкової капіталізації. Найвищі показники спостерігаються у галузях видобутку та переробки корисних копалин (91%) та харчової промисловості (90%). Дані показники також варіюються за регіонами: наприклад, у Китаї компанії, що представляють 98% ринкової капіталізації фінансового сектора, розкривають інформацію про стійкість, тоді як у Сполучених Штатах цей показник становить 75%, а в Латинській Америці – 76% (табл. 2.1) [193].

Таблиця 2.1 – Частка компаній, які розкривають інформацію щодо сталого розвитку, за галузями, 2024 р., %

За ринковою капіталізацією (у відсотках)	Світ	Китай	Японія	Азія (окрім CN & JP)	Латинська Америка	Європа	США	Інші розв.	Інші
Споживчі товари	87	52	83	78	88	99	90	80	56
Видобувна промисловість та переробка корисних копалин	91	82	90	88	88	98	94	90	91
Фінансові показники	84	98	95	86	76	96	75	92	64
Продукти харчування та напої	90	83	83	84	89	97	96	90	72
Охорона здоров'я	87	62	89	70	76	98	90	84	32
Інфраструктура	82	68	81	82	77	90	90	81	64
Відновлювані ресурси та альтернативна енергетика	82	77	86	77	84	96	92	20	52
Трансформація ресурсів	80	51	88	76	89	97	90	93	48
Послуги	78	32	79	69	66	95	82	82	18
Технології та комунікації	89	52	86	91	87	96	94	84	79
Транспорт	87	69	95	85	76	97	89	94	67

Джерело: [193]

Впровадження нових бізнес-моделей є важливим для компаній, що прагнуть підтримувати циркулярну економіку (табл. 2.2). Так, дані моделі часто фокусуються на ефективності використання ресурсів, продовженні життєвого циклу продуктів та мінімізації відходів. Однією з вагомих бізнес-моделей є «продукт як послуга» (англ. *Product as a Service*), де компанії зберігають право власності на продукт та пропонують його функціональність споживачам як послугу. Наприклад, компанія Philips надає послуги освітлення в амстердамському аеропорту Схіпгол, де оплачується лише спожите світло, а обладнання залишається у власності компанії. [194].

Іншою моделлю є «відновлення ресурсів» (англ. *Resource Recovery*), яка фокусується на вилученні матеріалів з використаних продуктів. Так, компанія Umicore спеціалізується на переробці електронних відходів і відновленні дорогоцінних металів, таких як золото та платина, з утилізованих пристроїв; цей процес не лише зменшує потребу у видобутку нових сировинних матеріалів, але й знижує забруднення навколишнього середовища [195].

Таблиця 2.2 – Бізнес-моделі циркулярної економіки

Бізнес-модель	Опис
«Продукт як послуга» («Product as a Service»)	Модель, у якій клієнти використовують продукцію шляхом «оренди» з оплатою за фактом використання. Виступає альтернативою купівлі продукту, надаючи його в користування, наприклад, через договір оренди, лізингу тощо. <i>Приклади компаній: Rolls-Royce, Alstom, Michelin, Xerox</i>
«Відновлення ресурсів» («Resource Recovery»)	Модель, заснована на використанні технологічних інновацій щодо відновлення та повторного використання ресурсів, що забезпечує усунення їх втрат завдяки зниженню відходів та підвищенню рентабельності виробництва продукції від зворотних потоків. Дана модель найбільш прийнятна для підприємств, які виробляють великі обсяги побічних продуктів, так і мають можливість ефективно відновлювати та переробляти відходи. <i>Приклади компаній: Coca-Cola, Philips, Maersk, Heinz, Heineken</i>
«Платформи для обміну та спільного використання» («Sharing Economy»)	Модель, яка будується на обміні або спільному використанні товарів чи активів. Забезпечує просування платформ для взаємодії між користувачами продукту (окремими особами або організаціями), підвищуючи тим самим рівень його використання. Представляє інтерес для виробників, що мають низький коефіцієнт використання продукції або недовикористані потужності. Ця бізнес-модель призвела до значних змін у сфері відносин споживачів між собою (C2C – consumer to consumer), бізнесу і споживача (B2C – business to consumer), і має значний потенціал у сфері відносин бізнес-бізнес (B2B – business to business), оскільки дає змогу потенційним конкурентам співпрацювати з метою розподілу постійних витрат, збільшення використання активів, отримання доходів від спільної експлуатації обладнання та підвищення ефективності загалом. <i>Приклади компаній: BMW, Patagonia, BlaBlaCar, Drivy, H&amp;M</i>
«Продовження життєвого циклу продукту» («Product Life Extension»)	Модель, яка дає змогу компаніям подовжити життєвий цикл використання своїх продуктів за рахунок ремонту, модернізації, реконструкції або відновлення. Більшою мірою підходить для виробників промислового обладнання, де нові моделі забезпечують незначне збільшення продуктивності порівняно з більш ранніми. <i>Приклади компаній: Bosch, Apple, Volvo, Renault, Caterpillar</i>
«Циркулярні поставки» («Circular Supplies»)	Модель, у якій обмежені ресурси замінюються на повністю відновлювані джерела. Базується на тривалих наукових дослідженнях і розробках, передбачає забезпечення повністю перероблюваними або біорозкладними ресурсами, що становлять основу циркулярної системи виробництва і споживання. Лідерами в економіці за реалізацією цієї моделі виступають такі галузі як автомобілебудування та енергетика. <i>Приклади компаній: Ford, Toyota, Cisco, FairPhone, Desso, IKEA</i>

*Джерело:* сформовано автором за матеріалами [197]

Модель «економіки спільного використання» (англ. *Sharing Economy*) сприяє спільному використанню продуктів та активів для підвищення їхньої ефективності. Наприклад, платформи на зразок Airbnb дозволяють власникам житла здавати його в оренду, що оптимізує використання нерухомості; це зменшує потребу в будівництві нових готелів, знижуючи споживання ресурсів та

негативний вплив на довкілля. Стратегії «продовження життєвого циклу продукту» (*англ. Product Life Extension*) мають на меті подовжити строк служби продуктів через ремонт, відновлення та повторне виробництво. Так, компанія Patagonia пропонує послуги з ремонту свого одягу, заохочуючи клієнтів використовувати продукцію довше.

Нарешті, «циркулярні поставки» (*англ. Circular Supplies*) передбачають використання відновлюваних або біорозкладних матеріалів для заміни традиційних сировинних ресурсів. Наприклад, компанія ІКЕА інвестує в розвиток біорозкладних матеріалів і використовує деревину з відповідальних джерел для своїх продуктів; аналогічно, Adidas випускає кросівки з переробленого океанічного пластику, знижуючи залежність від первинних матеріалів та сприяючи розвитку переробної промисловості [196].

Таким чином, впровадження принципів циркулярної економіки пропонує бізнесам кілька переваг, включаючи економію коштів через ефективне використання ресурсів та зменшення відходів, управління ризиками через зменшення залежності від сировини та підвищення репутації бренду завдяки демонстрації відданості стійкості. Проте корпорації також стикаються з викликами, такими як початкові інвестиційні витрати на впровадження нових систем та технологій, труднощі у зміні поведінки й вподобань споживачів та складність управління циркулярними ланцюгами постачання, що вимагають координації та прозорості.

*Фінансові детермінанти* включають інвестиції в стійкі проекти та оцінку екологічних ризиків. Так, Європейський інвестиційний банк інвестував 890 мільйонів доларів у сім компаній для підтримки сталих проектів. Temasek Holdings, найбільша в Азії інвестиційна компанія, вклала 596 млн дол. США у шість компаній, сприяючи розвитку циркулярних ініціатив. Серед інших інвесторів – Bain Capital (519 млн дол. США), Credit Agricole (503 млн дол. США) та DST Global (461 мільйон доларів) [198].

У свою чергу комплексні рамки оцінки ризиків дозволяють зацікавленим сторонам ідентифікувати та пом'якшувати потенційні фінансові, операційні та

екологічні ризики, пов'язані з циркулярними ініціативами. Їх систематичне вирішення дозволяє бізнесу та інвесторам підвищити стійкість та життєздатність циркулярних проєктів. Так, одним із основних ризиків у циркулярній економіці є ринкові невизначеності, такі як коливання попиту на перероблені матеріали або нестабільність цін на сировину. Наприклад, перехід автомобільної промисловості до електромобілів пов'язаний із значними інвестиціями в технології переробки батарей. Однак невизначеність щодо майбутньої доступності та ціни на критичні матеріали, такі як літій та кобальт, може становити значні фінансові ризики.

Регуляторні ризики також відіграють значну роль у формуванні фінансового ландшафту циркулярної економіки. Зміни в екологічних регламентах, торговельних політиках або стандартах сталості можуть впливати на доцільність та прибутковість циркулярних проєктів. Наприклад, впровадження більш жорстких регламентів управління відходами може збільшити витрати на відповідність для бізнесу, водночас створюючи можливості для інноваційних рішень у сфері переробки.

*Освітні та науково-дослідні детермінанти* включають освіту, підготовку кадрів, наукові дослідження та партнерства між наукою та бізнесом. Так, включення тематики циркулярної економіки у навчальні програми університетів сприяє формуванню кваліфікованих фахівців, здатних впроваджувати та підтримувати циркулярні практики у різних галузях економіки.

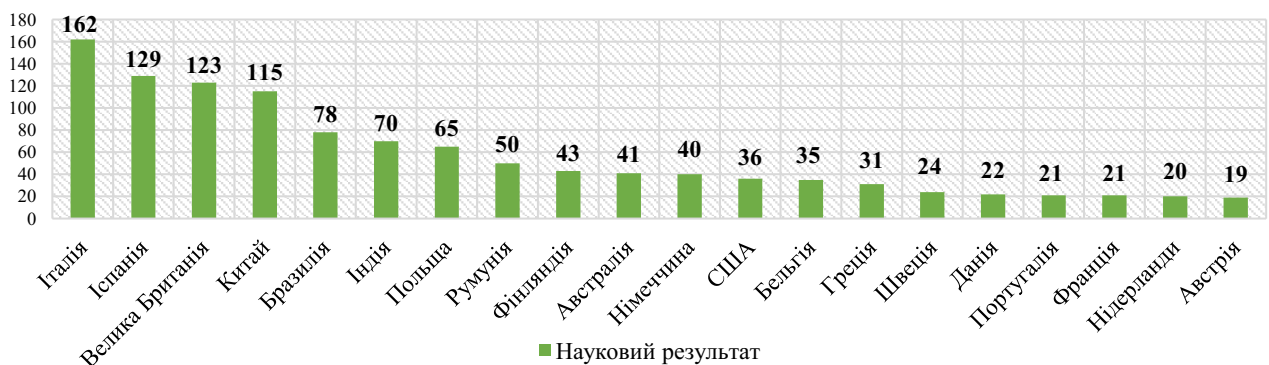


Рисунок 2.29 – Країни із найвищими науковими результатами щодо економіки замкнутого циклу, на основі бази даних Scopus, 2007-2020 рр.

Джерело: [199]

Наукові дослідження (рис. 2.29), спрямовані на розробку нових матеріалів, біорозкладних та вторинних, а також вивчення нових бізнес-моделей та методів управління ресурсами, створюють основу для інноваційних рішень у сфері циркулярної економіки. Окрім того, співпраця між дослідницькими установами та підприємствами забезпечує ефективне впровадження наукових досягнень у практичну діяльність, сприяючи розвитку циркулярних моделей.

Таким чином, комплексний аналіз детермінантів розвитку глобальної циркулярної економіки демонструє, що успішне впровадження циркулярних моделей залежить від взаємодії численних екологічних, економічних, технологічних, політико-регуляторних, соціально-культурних, корпоративних, фінансових, освітніх та науково-дослідних чинників. Статистичні дані підтверджують, що інтеграція даних детермінантів створює сприятливі умови для переходу до стійкої економічної моделі, яка не лише знижує екологічний слід, але й сприяє економічному зростанню та соціальній стабільності. Проведений аналіз показує, що лише узгоджене функціонування всіх зазначених факторів може забезпечити ефективний та сталий розвиток циркулярної економіки на глобальному рівні. Так, успішна реалізація ЦЕ потребує координації зусиль урядів, бізнесу, наукової спільноти та громадянського суспільства, що дозволяє створити умовно-комплексну систему підтримки та стимулювання стійких практик, спрямованих на забезпечення довгострокової екологічної та економічної стабільності.

### **2.3 Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства**

Значущу роль у масштабному впровадженні принципів ЦЕ виконують економічні агенти незалежно від форми власності, зацікавленість яких у впровадженні бізнес-моделей ЦЕ пояснюється перспективами отримання значних економічних вигід через інновації [17]. Окрім економічних переваг, наукові

дослідження [26; 204] розкривають ширший спектр позитивних наслідків впровадження ЦЕ для компаній, що охоплюють три аспекти сталого розвитку, відомі як «потрійний результат», а саме планета, люди, прибуток або процвітання (PPP) (англ. *Planet, People, Profit*). Ці переваги включають зменшення негативного впливу на довкілля, підвищення соціальних показників, а також економічні вигоди, такі як економія коштів та освоєння нових ринків [202; 203]. Згідно з цією формулою стратегії ЦЕ мають потенціал для мінімізації негативних наслідків для сталого розвитку без шкоди для економічного зростання та процвітання [205].

А. Мюррей, К. Скене та К. Хейнс [206], справедливо зазначаючи, що будь-яка економічна діяльність має забезпечувати максимізацію екосистемних функцій та підвищувати рівень добробуту людини, визначають власну тріаду результатів впровадження ЦЕ – баланс між екологічною стабільністю, економічним розвитком та підвищенням добробуту населення., Е.Л. Рус, Р. Саломоне та Т. Рейес засвідчують, що вигоди ЦЕ забезпечуються отриманням більшої цінності з ресурсів, що використовуються при зниженні шкоди, що завдається навколишньому середовищу [207; 208].

Ця думка стала мейнстримом у науковій літературі, зосереджуючись на можливості економічного зростання на основі замикання виробничих ланцюжків [209]. При цьому Д. О'Ніл, А. Фаннінг, У. Лемб, та Дж. Стейнбергер [210] у економічному зростанні вбачають не самоціль, а результат застосування циркулярних моделей на основі ефективного ресурсоспоживання [210].

Проте, фактичні наслідки ЦЕ здебільшого залишаються на рівні припущень, а не фактичного оцінювання [24; 211]. Вкрай важливо оцінити, наскільки стратегії ЦЕ дійсно сприяють вирішенню глобальних криз світового господарства, таких як зміна клімату, втрата біорізноманіття та економічна нерівність, враховуючи виявлені наслідки на регіональному та місцевому рівнях, такі як підкислення, евтрофікація, токсичність екосистем та вплив на місцеву зайнятість. Все це підтверджує важливість вдосконалення методичних положень оцінювання циркулярності країни.

Дослідження методичних підходів до оцінки циркулярності країни є

перспективним напрямком наукових розвідок, що має на меті розробку верифікованих інструментів для кількісного вимірювання та моніторингу динаміки прогресу у переході лінійної моделі до циркулярної економіки. Актуальність подібних досліджень зумовлена основною потребою в об'єктивній оцінці ступеня циркулярності економічних систем для обґрунтування пріоритетних напрямків державної політики, розробки чітких цільових індикаторів та здійснення комплексної оцінки результативності впроваджуваних заходів, спрямованих на стимулювання циркулярного розвитку.

Відсутність надійних та уніфікованих методик оцінки ускладнює порівняльний аналіз циркулярності різних країн та регіонів, а також обмежує можливості для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на мезо- та макрорівнях. З огляду на це, подальші дослідження в даній сфері є необхідними умовами для ефективного впровадження принципів циркулярної економіки та досягнення цілей сталого розвитку.

Оцінка рівня циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства, що характеризується виснаженням природних ресурсів, поглибленням екологічних проблем, дестабілізацією ланцюгів постачання та зростанням соціальної нерівності, є вельми важливим напрямом у контексті забезпечення сталого розвитку та національної економічної безпеки.

По-перше, циркулярна економіка, орієнтована на мінімізацію витрат та максимальне використання ресурсів шляхом застосування принципів повторного використання, ремонту, переробки та відновлення, стає дієвим інструментом підвищення ресурсної ефективності. В умовах обмеженості та здорожчання сировини перехід до циркулярних моделей дозволяє зменшити залежність від імпорту, оптимізувати витрати на виробництво та підвищити конкурентоспроможність національної економіки.

По-друге, впровадження принципів циркулярної економіки сприяє скороченню негативного впливу на навколишнє середовище, зменшенню викидів парникових газів, збереженню біорізноманіття та зниженню рівня забруднення. Це особливо актуально в контексті глобальної зміни клімату та необхідності

виконання міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів.

По-третє, розбудова циркулярної економіки відкриває нові можливості для інновацій, підприємництва та створення робочих місць. Трансформація до нових бізнес-моделей, що базуються на повторному використанні, ремонті та переробці, стимулює розвиток новітніх технологій та галузей, генеруючи джерела додаткового економічного зростання та підвищення зайнятості населення.

По-четверте, оцінка рівня циркулярності країни дозволяє розробити ефективні стратегії та політики, спрямовані на стимулювання переходу до циркулярної економіки, виявлення проблемних зон і зон зростання, а також оцінку ефективності вжитих заходів. Це дозволяє забезпечити цілеспрямованість та результативність державної підтримки ініціатив, спрямованих на розвиток циркулярної економіки.

Отже, оцінка рівня циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства є не лише актуальною, але й життєво необхідною передумовою забезпечення економічної безпеки, екологічної стійкості та соціального благополуччя країни.

В. Хасс [30] відмічав, що вельми важливо визначити поточний стан циркулярності, щоб мати орієнтир, за яким можна відстежувати вдосконалення.

Виходячи з цього, зараз загально визнано, що для сприяння ЦЕ необхідним є впровадження інструментів моніторингу та оцінки, таких як індикатори для вимірювання та кількісної оцінки цього прогресу [212-218]. Європейська комісія також визнала потребу в індикаторах циркулярності у своєму плані дій для ЦЕ, зазначивши, що «для оцінки прогресу на шляху до більш циркулярної економіки та ефективності дій на рівні ЄС і національному рівні важливо мати набір надійних індикаторів» [15].

Крім того, Е. Вайс [219] вважав, що важливо вимірювати саме ефективність циклічних стратегій, що використовуються на національному, регіональному та місцевому рівнях. Як наслідок, у науковій літературі все більше спроб стало з'являтися з розробки індикаторів для концепції ЦЕ (С-індикаторів) [215].

Хронологія розвитку методичних положень оцінювання циркулярної

економіки наведена на рис. 2.30.

Аналіз часових інтервалів та методик оцінки циркулярної економіки, представлений на рис. 2.30, демонструє поступовий, проте нелінійний розвиток інструментарію вимірювання та моніторингу переходу до циркулярної парадигми. Початкові дослідницькі зусилля, орієнтовані переважно на застосування методології матеріального балансу (*англ. Material Flow Analysis – MFA*) та аналіз потоків речовин (*англ. Substance Flow Analysis – SFA*), еволюціонували в напрямку розробки комплексних системних індикаторів та інтегрованих моделей, що реалізують екологічні, економічні та соціальні виміри циркуляції. Хронологічна ретроспектива показує експансію сфери застосування методик, від локалізованих оцінок окремих підприємств та продуктів до системного оцінювання циркулярності на регіональному та національному рівнях, що підкреслює усвідомлення потреби в застосуванні системного підходу до вимірювання рівня циркулярності [220]. Простежується тенденція до розробки більш деталізованих та специфічних індикаторів, адаптованих до особливостей різних галузей промисловості та етапів виробничого циклу, що підкреслює необхідність конструювання гнучкого та адаптивного інструментарію оцінювання, здатного виконати специфіку досліджуваних об'єктів та цілей дослідження.

Останнім часом розроблено численні індикатори циркулярності, залежно від їх обсягів, цілей і можливих застосувань.

Проте брак академічних і наукових знань щодо С-індикаторів є перешкодою для подальшого впровадження [215].

М. Ліндер, С.Сарасіні та П. Лун [221] підкреслюють нагальну потребу обережно переглянути наявні методичні положення для оцінювання циркулярності, щоб виявити їхні недоліки та визначити можливість їх взаємодоповнюваності. У відповідь останнім часом слід відмітити зростаючу кількість нечітких і багатогранних С-індикаторів, потребуючих певних роз'яснень щодо їх розповсюдження та належного використання.

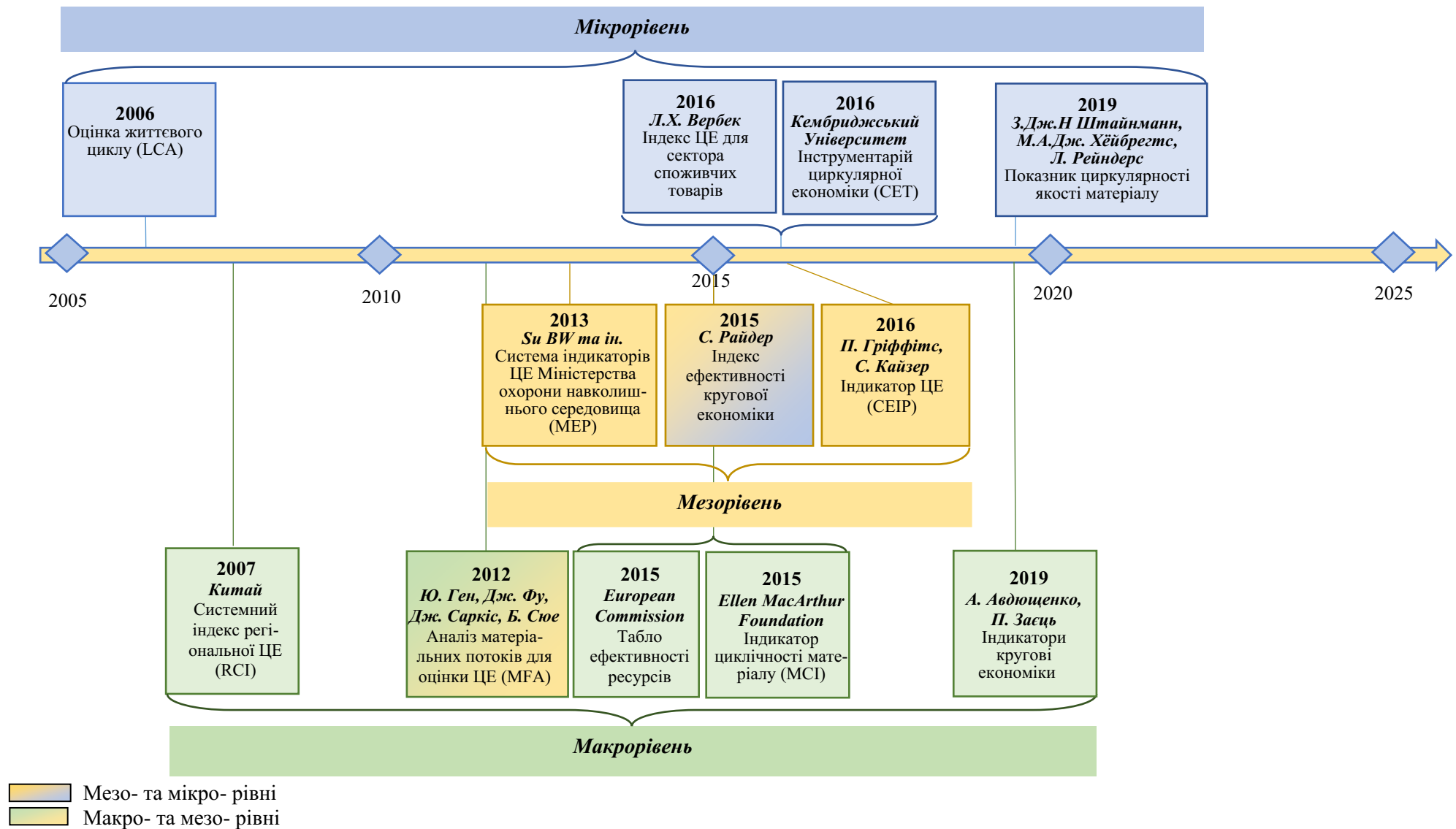


Рисунок 2.30 – Часові інтервали та основні методики оцінки ЦЕ

Джерело: побудовано автором на основі [222-225]

М. Сайдані, Б. Янну, Ю. Леруа, Ф. Клузель, А. Кендалл [224; 225] узагальнили критерії диференціації С-індикаторів, виділивши критерії, що є специфічними для парадигми ЦЕ (критерії 1-4); критерії, що пов'язані з конкретним використанням і сферами застосування С-індикаторів (критерії 5, 6); критерії, що пов'язані з основними їх ознаками (критерії 7, 8); критерій, що пов'язаний з кожним С-індикатором (критерій 9) та критерій за авторством розробленого кожного С-індикатора (критерій 10) (рис. 2.31).



Рисунок 2.31 – Категорії таксономії С-індикаторів

*Джерело:* побудовано автором на основі [224; 225]

Представлена на рис. 2.31 таксономія С-індикаторів, систематизована на основі комплексу критеріїв, що відображають специфіку парадигми ЦЕ, сферу їх застосування, основні атрибутивні характеристики, кореляцію з кожним конкретним індикатором та атрибуцію авторства, засвідчує багатовимірність та концептуальну складність завдання вимірювання циркулярності. Наявність критеріїв, що акцентують особливі риси ЦЕ, підкреслює диференціацію між цими

індикаторами та традиційними показниками екологічної та економічної ефективності. Критерії, що корелюють зі сферами застосування та основними атрибутивними характеристиками, вказують на нагальну потребу адаптації інструментарію оцінювання до конкретних дослідницьких завдань та контекстуальних рамок. Зазначена таксономія відображає тенденцію до розширення та диверсифікації С-індикаторів, що об'єднує їх порівняльний аналіз та інтеграцію в уніфіковану систему оцінювання, та підкреслює потребу в розробці чітких критеріїв для відбору та застосування С-індикаторів, з урахуванням мети дослідження та специфіки об'єкта оцінювання, для забезпечення валідності та надійності отриманих результатів.

Наразі відсутній універсальний індикатор для оцінки ЦЕ, проте у світовій науковій спільноті та практиці статистичного аналізу запропоновано різноманітні індекси та показники, що дозволяють оцінити ефективність різних аспектів, які прямо чи опосередковано сприяють розвитку ЦЕ.

У контексті забезпечення моніторингу прогресу в досягненні цілей сталого розвитку, ООН розробило статистичне забезпечення відповідних індикаторів. Світовий банк, у свою чергу, систематично публікує еколого-економічні індикатори у щорічних виданнях «Індикатори світового розвитку» (*англ. World Development Indicators*) та «Короткий зелений довідник» (*англ. Little Green Data Book*), включаючи індекс скоригованих чистих накопичень (*англ. adjusted net savings*) як інтегральний показник, що враховує вплив економічної діяльності на навколишнє середовище. Крім того, вагомий внесок у розробку інструментарію оцінки екологічної стійкості вносять академічні інституції, зокрема університети Yale та Columbia, які розраховують індекс екологічної стійкості (*англ. environmental sustainability index – ESI*) та показник екологічної ефективності (*Environmental performance indicator – EPI*). На окрему увагу заслуговує імплементація індикаторів «зеленого зростання» (*англ. Green Growth Indicators*) в рамках діяльності Організації економічного співробітництва та розвитку (*англ. Green growth and sustainable development*), спрямована на інтеграцію екологічних аспектів в економічну політику країн-членів.

В рамках імплементації Плану дій 2015 р., Європейською комісією було розроблено та впроваджено «Систему моніторингу економіки замкненого циклу» [226-228], що являє собою комплексну систему індикаторів та субпоказників, структурованих за чотирма ключовими категоріями, що дозволяє здійснювати оцінку прогресу у переході до ЦЕ (рис. 2.32).

КАТЕГОРІЇ	ХАРАКТЕРИСТИКА
<b>1</b> <b>Виробництво та споживання</b>	✓ оцінює прогрес у мінімізації утворення відходів на етапах виробництва та споживання, акцентуючи увагу на необхідності зменшення обсягів відходів компаніями, повторного використання сировини у виробничому процесі
<b>2</b> <b>Поводження з відходами</b>	✓ визначає обсяги перероблених відходів, які повертаються в економічний цикл з метою створення доданої вартості, надаючи інформацію про поточний стан реалізації програм перероблення відходів у різних країнах
<b>3</b> <b>Вторинна сировина</b>	✓ аналізує інтенсивність повторного використання матеріалів та виробів в економіці, сприяючи замиканню циклу та зменшенню потреби у використанні первинних ресурсів, що позитивно впливає на екологічний слід виробництва
<b>4</b> <b>Конкурентоспроможність та інновації</b>	✓ досліджує роль інновацій як ключового фактора успішного переходу до ЦЕ, сприяючи створенню нових робочих місць, економічному зростанню та впровадженню технологій з меншим споживанням ресурсів, змінюючи моделі споживання та бізнес-процеси, що корелює з концепціями економіки, орієнтованої на інновації, та економіки, заснованої на знаннях

Рисунок 2.32 – Критерії системи моніторингу економіки замкненого циклу

*Джерело:* побудовано автором на основі [226-228] та табл. В.1 Додатку В

Система індикаторів забезпечує комплексну оцінку прогресу в переході до ЦЕ та дозволяє ідентифікувати ключові напрями для подальших зусиль.

Серед існуючих методологічних підходів до оцінки циркулярності бізнес-моделей та продуктів, значний потенціал для подальшої еволюції мав метод вимірювання та аналізу використання сировини на макрорівні, відомий як «облік та аналіз матеріальних потоків у масштабах усієї економіки» (англ. *Economy-wide material flow accounts – EW-MFA*).

Показники, отримані на основі аналізу матеріальних потоків, надають інформацію про сукупний фізичний масштаб економіки та її матеріаломісткість. Зокрема, вони є цінним інструментом для моніторингу прогресу у досягненні

стратегічних політичних цілей, зокрема, визначених у контексті Цілей сталого розвитку (рис. 2.33).

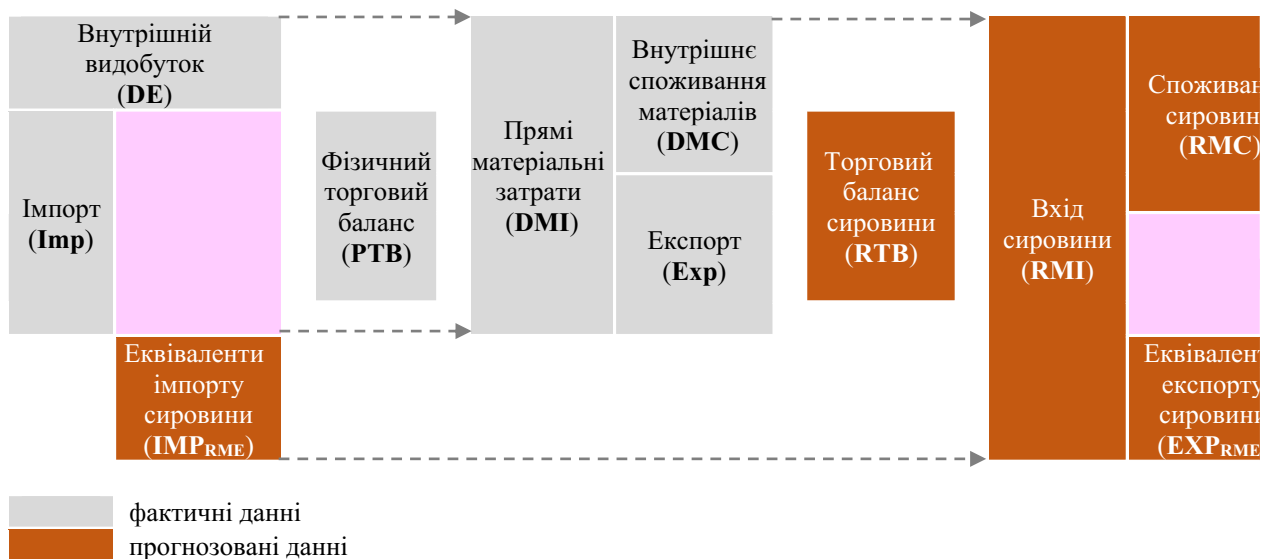


Рисунок 2.33 – Структура показників EW-MFA

Джерело: [226]

На рис. 2.33 представлено систему взаємопов'язаних показників аналізу матеріальних потоків, що відображають матеріальний баланс на національному рівні. Важливо підкреслити, що всі ці показники характеризують матеріали, які використовуються продуктивно, тобто інтегруються у фізичну структуру виготовленої продукції [226]. Таким чином, EW-MFA дозволяє комплексно оцінити ефективність використання саме матеріальних ресурсів в економіці.

Одним із ключових показників, що застосовується в рамках методології MFA, є матеріальний слід, який дозволяє ідентифікувати та кількісно оцінити аутсорсинг матеріаломістких етапів ланцюга постачання, а також визначити сукупну потребу в матеріальних ресурсах для забезпечення кінцевого споживання. Для забезпечення коректного моніторингу та верифікації даних, необхідно забезпечити їх прозорість та використовувати єдиний, науково обґрунтований та верифікований підхід до розрахунків. Початкові ініціативи окремих країн, зокрема Австрії та Німеччини, а також спеціалізовані європейські

науково-дослідні проекти, започаткували перші спроби розробки та впровадження методології екологічного сліду, що базується на розширеному аналізі «витрати-випуск» з інтеграцією екологічних факторів [226; 228].

Відтак, Австрія, Німеччина та ще декілька країн ЄС, щорічно здійснюють облік слідів. З огляду на необхідність звітування про прогрес у досягненні Цілей сталого розвитку на європейському та глобальному рівнях, Євростат, Міжнародна експертна група ООН, а також Організація економічного співробітництва та розвитку докладають значних зусиль для розробки уніфікованих стандартів з метою гармонізації методологічних підходів до оцінки матеріальних потоків [228].

У 2018 р. Євростат уперше презентував діаграму Сенкі, що використовується для візуалізації матеріальних потоків. Ця діаграма, разом із відповідними наборами даних, демонструє потоки матеріалів, що циркулюють в економіці ЄС, а також їх подальше повернення в навколишнє середовище або повторне використання в економічному обороті.

Діаграма Сенкі є інтерактивним інструментом, що дозволяє відстежувати динаміку змін у часі за допомогою часових графіків, кругових діаграм та анімації. Користувачі мають можливість налаштовувати відображення даних, обираючи різні параметри, такі як країна, рік, одиниця виміру, тип матеріалу тощо (рис. В.1 Додатку В), що забезпечує гнучкість аналізу та візуалізації.

Згодом діаграма Сенкі була побудована для ЄС з 2010 р. У табл. 2.3 агреговані данні за діаграмами Сенкі у 2010-2023 рр.

На основі даних табл. 2.3, що відображають динаміку показників ЦЕ в ЄС за 2010-2023 рр., можна сформулювати такі висновки. Видобуток природних ресурсів залишається домінуючим фактором у матеріальному балансі ЄС протягом всього дослідженого періоду, складаючи значну частку прямих матеріальних витрат. Незважаючи на певні коливання, ця частка залишається відносно стабільною протягом аналізованого періоду, що свідчить про обмежену ефективність стратегій дематеріалізації економіки ЄС.

Таблиця 2.3 – Динаміка показників ЦЕ у ЄС за 2010-2023 рр.

Показники	2010		2015		2020		2021		2022		2023	
	млн тонн	%	млн тонн	%	млн тонн	%	млн тонн	%	млн тонн	%	млн тонн	%
Імпорт	1589,1	20,1	1636,3	21,1	1525,6	19,5	1618,9	19,8	1675,7	20,7	1518,1	19,2
Видобуті природні ресурси	5411,7	68,5	5218,2	67,2	5355,5	68,3	5555	68,0	5384,2	66,7	5376,7	67,9
Прямі матеріальні витрати	7000,8	88,6	6854,5	88,2	6881,1	87,7	7173,9	87,9	7059,9	87,4	6894,8	87,1
Оброблені матеріали	7905,8	100,0	7767,4	100,0	7843,6	100,0	8163,2	100,0	8078,2	100,0	7918,1	100,0
Експорт	604,3	7,6	716,5	9,2	717,4	9,1	746,1	9,1	694,7	8,6	674,4	8,5
Дисипативні потоки	219,5	2,8	233,4	3,0	244,5	3,1	238,9	2,9	244,9	3,0	248,7	3,1
Загальні викиди	2706,2	34,2	2566,1	33,0	2321,4	29,6	2425,3	29,7	2365,1	29,3	2355,5	29,7
• Викиди в повітря	2689,3	34,0	2551,3	32,8	2307,9	29,4	2411,2	29,5	2353	29,1	2343,1	29,6
• Викиди до води	17	0,2	14,8	0,2	13,5	0,2	14,1	0,2	12,1	0,1	12,4	0,2
Використані матеріали	4479,2	56,7	4357	56,1	4665,4	59,5	4856,3	59,5	4875	60,3	4748,6	60,0
Накопичення матеріалів	2687,6	34,0	2567,8	33,1	3017,2	38,5	3192,1	39,1	3192,5	39,5	3044,5	38,4
Переробка відходів	1791,6	22,7	1789,2	23,0	1648,1	21,0	1664,2	20,4	1682,5	20,8	1704,1	21,5
• Відходи на полігоні	783,1	9,9	770,7	9,9	580,6	7,4	571,4	7,0	562,7	7,0	571,8	7,2
• Спалювання	103,5	1,3	105,6	1,4	105,1	1,3	103,4	1,3	101,4	1,3	109,1	1,4
• Рециклінг	<b>709,6</b>	<b>9,0</b>	<b>703</b>	<b>9,1</b>	<b>698,5</b>	<b>8,9</b>	<b>717,9</b>	<b>8,8</b>	<b>739,4</b>	<b>9,2</b>	<b>745,2</b>	<b>9,4</b>
• Зворотне засипання	<b>195,4</b>	<b>2,5</b>	<b>209,9</b>	<b>2,7</b>	<b>263,9</b>	<b>3,4</b>	<b>271,4</b>	<b>3,3</b>	<b>278,9</b>	<b>3,5</b>	<b>278,1</b>	<b>3,5</b>

Джерело: розраховано автором на основі рис. В.1-В.6 Додатку В

Показник переробки відходів демонструє тенденцію до збільшення, що свідчить про позитивні зрушення у сфері управління відходами та розвитку вторинного ринку сировини. Однак, обсяги відходів, що потрапляють на полігони та спалюються, все ще залишаються значними, вказуючи на необхідність подальшого вдосконалення інфраструктури та стимулювання більш ефективних методів поводження з відходами.

Обсяги використаних матеріалів протягом 2010-2023 рр. демонструють загальну тенденцію до зростання. Це може свідчити про збільшення матеріаломісткості економіки ЄС та потенційне посилення тиску на природні ресурси.

Загальні викиди в атмосферу та воду, хоча й демонструють певну тенденцію

до зниження у 2020 р., загалом залишаються на відносно стабільному рівні протягом аналізованого періоду, що вказує на необхідність більш ефективного впровадження технологій та регуляторних механізмів для зменшення екологічного впливу виробництва та споживання.

Для більш глибокого аналізу доцільно розглядати матеріальні потоки у розрізі категорій матеріалів: біомаса (MF1), металеві руди (MF2), неметалеві мінерали (MF3) та викопні енергоносії/матеріали (MF4) (рис. В.7-В.12 Додатку В), що дозволяє оцінити відносну значущість окремих матеріалів та визначити їх потенціал для подальшого повторного використання, відновлення або переробки.

Переваги та недоліки методу EW-MFA представлені на рис. 2.34.

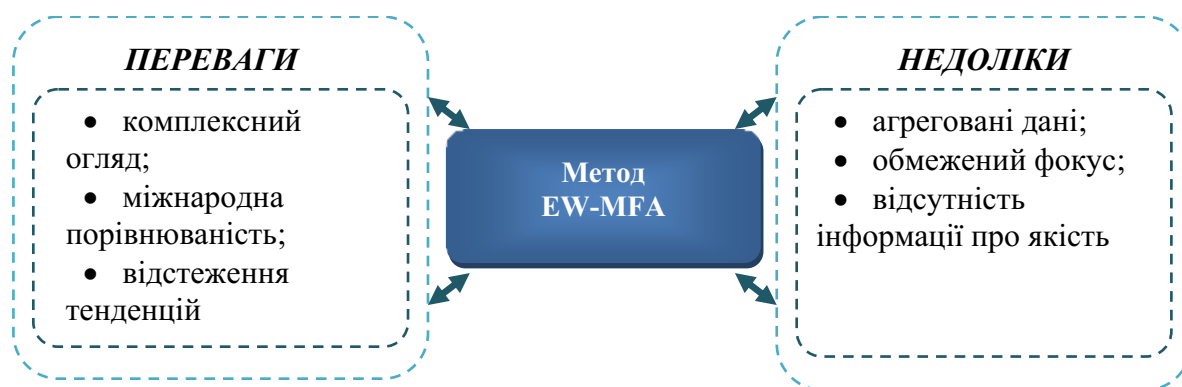


Рисунок 2.34 – Переваги та недоліки методу EW-MFA

*Джерело:* побудовано автором

Отже, у якості переваг методу EW-MFA можна назвати такі [200]:

- забезпечує **системний огляд матеріальних потоків** в економіці, дозволяючи оцінити загальну матеріаломісткість та визначити ключові сфери для підвищення ефективності використання ресурсів;
- можливість здійснювати порівняння показників між різними країнами та регіонами, що сприяє обміну досвідом та визначенню найкращих практик у сфері ЦЕ;
- динамічний аналіз показників EW-MFA дозволяє відстежувати **зміни у матеріальному балансі економіки** та оцінювати ефективність впровадження політик, спрямованих на перехід до ЦЕ.

Метод не позбавлений і певних недоліків:

– *зосередженість переважно на матеріальних потоках* та нівелювання інших важливих аспектів ЦЕ, таких як енергоефективність, повторне використання продукції, подовження терміну її служби, а також соціальні та економічні наслідки переходу до циркулярної моделі;

– використання *агрегованих даних* на національному рівні, що може приховувати значні відмінності у матеріальних потоках між різними секторами економіки та підприємствами.

– *відсутність інформації про якісні характеристики матеріалів*, таких як їх токсичність, можливість переробки та вплив на навколишнє середовище, що обмежує можливості комплексної оцінки екологічної стійкості національної економіки.

Порівняльний аналіз вітчизняних методичних інструментів оцінки циркулярності наведений у табл. В.2 Додатку В.

На основі проведеного порівняльного аналізу вітчизняних методичних інструментів оцінки циркулярності, представлених у табл. В.2 Додатку В., дійшли певних висновків [200].

1. Існуючі інструменти, хоча й демонструють певні переваги, мають обмеження, зокрема, неповне врахування специфіки економіки країн з перехідною економікою, відсутність якісних показників та обмеженість даних.

2. Методологічні підходи здебільшого орієнтовані на конкретні сектори (наприклад, аграрний), що обмежує їх універсальність та застосовність для оцінки циркулярності економіки країни в цілому.

3. Важливо враховувати не лише економічні, а й екологічні та соціальні аспекти сталого розвитку при оцінці циркулярності.

4. Існуючі інструменти потребують адаптації до реалій та розширення набору показників, зокрема, шляхом включення якісних індикаторів та індикаторів, що відображають соціальні наслідки переходу до циркулярної економіки.

Враховуючи зазначені висновки, існує нагальна необхідність у розробці

більш науково обґрунтованого, комплексного та універсального науково-методичного підходу до оцінки циркулярності економіки країни.

Розробка такої універсальної методики вимагає міждисциплінарного підходу та залучення широкого кола експертів з різних галузей. Це дозволить забезпечити комплексну оцінку циркулярності економіки та розробити ефективні стратегії для переходу до більш стійкої та ресурсоефективної моделі розвитку.

Особливістю авторського науково-методичного підходу до оцінки циркулярності економіки на національному рівні є інтегроване виділення індикаторів, що відображають динаміку процесів на мікро-, мезо- та макрорівнях, а також їх систематизація за соціальним, економічним та екологічним аспектами. Дана комплексна стратифікація забезпечує глибше та всебічне розуміння взаємозв'язків та взаємозалежностей у контексті переходу до циркулярної економіки, що сприяє розробці більш ефективних та цілеспрямованих стратегій [229].

У контексті цього слід врахувати такі базові положення:

1. **Врахування мікро-, мезо- та макрорівнів** при розробці науково-методичного підходу до оцінки циркулярності економіки є критично важливим з науково обґрунтованих причин:

- *комплексне відображення системних зв'язків (Systemic Interdependencies)*, що дозволить уникнути ігнорування одного з рівнів та надати повну оцінку циркулярності країни за всіма економічними агентами. Авторська позиція підтверджується ідеями В. Еліа, М. Г. Гноні та Ф. Торнезе, які у своїй праці відмічали, що «...підходи до вимірювання ефективності циркулярної економіки повинні враховувати взаємозв'язок різних рівнів економіки, оскільки дії на одному рівні можуть впливати на ефективність на іншому» [230];

- *виявлення ключових факторів впливу (англ. Identifying Key Drivers)*, що передбачає через врахування різних рівнів ідентифікувати ключові фактори, які сприяють або перешкоджають переходу до ЦЕ. «Багаторівневий аналіз є важливим для виявлення критичних факторів, що формують ефективність ЦЕ на різних рівнях», – відмічали А. Пархоменко, Д. Нелен, Дж. Гіллабел та Г. Рехбергер

[231]. Зокрема, такими факторами можуть бути: для мікрорівня – технологічні можливості, управлінські рішення, споживчі переваги; для мезорівня – міжгалузеві зв'язки, доступність інфраструктури, наявність кваліфікованої робочої сили; для макрорівня – політичні рішення, економічні стимули, наукові дослідження та розробки ;

- *розробка ефективних стратегій (англ. Developing Effective Strategies).*

Підхід, що враховує мікро-, мезо- та макрорівні, дозволяє розробити більш ефективні та цілеспрямовані стратегії переходу до циркулярної економіки. М. Лідер та А. Рашид відмічали, що «...комплексний підхід, що враховує мікро-, мезо- та макрорівні, дозволяє політикам розробляти ефективні заходи, що спрямовані на вирішення конкретних проблем та можливостей на кожному рівні» [27]. Так, стратегії на мікрорівні можуть включати підтримку підприємств у впровадженні циркулярних бізнес-моделей, навчання споживачів відповідальному споживанню; стратегії на мезорівні можуть включати створення промислових кластерів, підтримку розвитку інфраструктури переробки відходів.; стратегії на макрорівні – розробку нормативно-правової бази, надання фінансової підтримки.

З огляду на обґрунтування першого положення система індикаторів оцінки циркулярності країни буде враховувати три рівні: мікро-, мезо- та макро- рівні (рис. 2.35).

**Мікрорівень** фокусується на діяльності окремих підприємств та споживачів. Індикатори на цьому рівні відображають ефективність використання ресурсів, утворення відходів, впровадження циркулярних бізнес-моделей (наприклад, повторне використання, переробка) та споживчі практики (наприклад, екологічно відповідальне споживання).

**Мезорівень** охоплює галузі економіки, регіони та промислові кластери. Індикатори на цьому рівні відображають міжгалузеву співпрацю, формування ланцюгів постачання, що засновані на принципах циркулярності, розвиток інфраструктури для переробки відходів та створення вторинних ринків сировини;

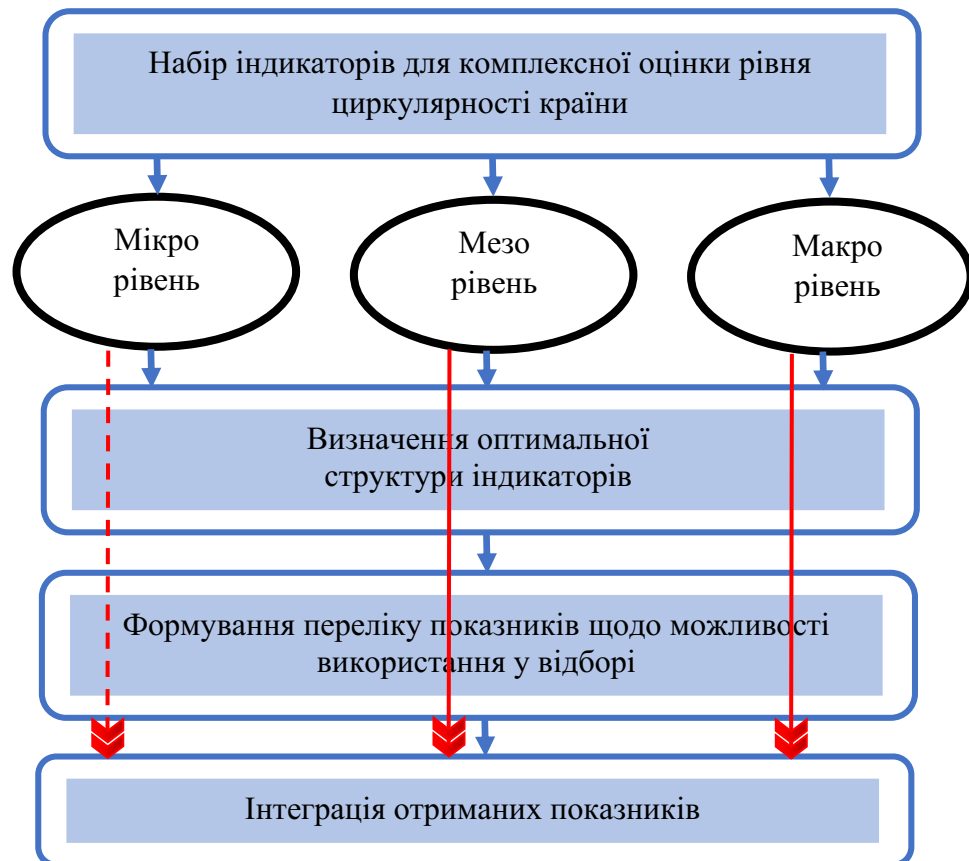


Рисунок 2.35 – Послідовність формування системи індикаторів оцінки циркулярності країни за рівнями економіки

Джерело: авторська розробка

**Макрорівень** відображає національну економіку в цілому. Індикатори на цьому рівні відображають обсяги матеріальних потоків, рівень переробки відходів, використання вторинної сировини, інвестиції в дослідження та розробки в галузі циркулярної економіки та нормативно-правове регулювання (наприклад, національна стратегія переходу до ЦЕ та законодавчі ініціативи).

Інтеграція цих рівнів дозволяє врахувати взаємозв'язки та взаємозалежності між різними елементами економічної системи та забезпечити узгодженість політики на різних рівнях [30]. Врахування мікро-, мезо- та макрорівнів при оцінці циркулярності дозволяє більш чітко ідентифікувати «вузькі місця» та розробити ефективні заходи, спрямовані на їх усунення [232].

2. **Систематизація індикаторів за соціальним, економічним та екологічним аспектами.** Обґрунтування необхідності врахування екологічних,

соціальних та економічних індикаторів при оцінці циркулярності країни базується на концепції сталого розвитку, яка передбачає збалансований підхід до задоволення потреб сьогодення без шкоди для можливостей майбутніх поколінь [4]. Ігнорування будь-якого з цих трьох аспектів (екологічного, соціального чи економічного) призводить до незбалансованого та неефективного переходу до ЦЕ.

**Екологічні індикатори** (англ. *Environmental Indicators*) відображають вплив економічної діяльності на навколишнє середовище. Перехід до ЦЕ має на меті зменшення екологічного навантаження, включаючи скорочення викидів парникових газів, забруднення, споживання ресурсів та утворення відходів. Екологічні індикатори дозволяють оцінити ефективність реалізації цих цілей. «Екологічні показники мають вирішальне значення для оцінки екологічної ефективності ініціатив циркулярної економіки, гарантуючи, що вони призводять до зменшення забруднення, виснаження ресурсів та деградації екосистем», відмічали П. Гізелліні, К. Чіалані, С. Ульджаті [236].

**Соціальні індикатори** (англ. *Social Indicators*) відображають вплив ЦЕ на добробут людей, включаючи соціальну справедливість, зайнятість, умови праці, охорону здоров'я та освіту. Перехід до циркулярної економіки повинен бути інклюзивним та забезпечувати покращення якості життя для всіх членів суспільства. «Соціальні показники є важливими для забезпечення справедливого та рівноправного переходу до циркулярної економіки, створення нових робочих місць, покращення умов праці та посилення соціальної інклюзії», відмічали у своїй праці П. Шредер, К. Ангтраені, С. Вебер [233].

**Економічні індикатори** (англ. *Economic Indicators*) відображають економічну ефективність та конкурентоспроможність ЦЕ, включаючи створення доданої вартості, стимулювання інновацій, зниження залежності від первинних ресурсів та залучення інвестицій. ЦЕ має бути економічно вигідною для підприємств та сприяти економічному зростанню країни. М. Лідер та А. Рашид відмічали, що саме економічні індикатори необхідні для «...демонстрації економічної доцільності практик ЦЕ, залучення інвестицій, створення нових

бізнес-можливостей та підвищення продуктивності ресурсів» [27].

Виділення цих груп індикаторів дозволяє оцінити не лише економічну доцільність, а й екологічну та соціальну прийнятність впровадження циркулярних практик, що є ключовим для забезпечення сталого розвитку [234]. Лише враховуючи екологічні, соціальні та економічні аспекти, можливо створити стратегії, які будуть одночасно ефективними, справедливими та екологічно безпечними.

Отже, розробка науково-методичного підходу з оцінки рівня циркулярності є важливим завданням для всіх країн світу, незалежно від їх рівня розвитку, економічної структури чи соціального контексту. Такий підхід має забезпечити комплексну, інтегровану та адаптовану оцінку прогресу в переході до циркулярної економіки, сприяючи більш сталому та ресурсоефективному розвитку.

Враховуючи вищевикладене, пошуково-дослідницький процес щодо створення та формування методичного інструментарію комплексної оцінки ЦЕ представляється як алгоритм розробки науково-методичного підходу оцінки циркулярності країни (рис. 2.36).

Науково-методичний підхід щодо розробки інструментарію оцінювання циркулярності країни передбачає розрахунок інтегрального показника – індексу циркулярності країни ( $I_{ЦК}$ ). Індекс забезпечує комплексну оцінку прогресу до економіки замкненого циклу. Цей інструмент дозволяє ідентифікувати пріоритетні напрямки вдосконалення, моніторити зміни з часом та порівнювати результати з іншими країнами [201].

Надаючи обґрунтовану інформацію для прийняття рішень та залучення зацікавлених сторін,  $I_{ЦК}$  сприятиме інтеграції ЦЕ з цілями сталого розвитку, підтримуючи регіональний та місцевий розвиток. Цей комплексний підхід сприятиме сталому та ресурсоефективному розвитку країни.

Індекс циркулярності країни ( $I_{ЦК}$ ) визначається на основі трьох блочних індексів: індекс економічної циркулярності ( $I_{ЕЦК}$ ), індекс соціальної циркулярності ( $I_{СЦК}$ ) та індекс екологічної циркулярності ( $I_{ЕклЦК}$ ).



Рисунок 2.36 – Алгоритм розробки науково-методичного підходу оцінки циркулярності країни

Джерело: побудовано автором

Під такими видами циркулярності автором пропонується розуміти.

**Економічна циркулярність** – це системна характеристика національної економіки, що відображає рівень впровадження принципів циркулярної економіки в масштабах держави через забезпечення замкнутих матеріальних і енергетичних потоків, мінімізацію первинного споживання ресурсів, оптимізацію виробничо-споживчих процесів шляхом повторного використання, ремонту, модернізації, переробки продукції, а також розвиток інноваційних моделей бізнесу, спрямованих на підвищення ресурсоефективності, економічної стійкості та екологічної відповідальності.

**Соціальна циркулярність** – це системна взаємодія соціальних процесів і механізмів у рамках циркулярної економіки, яка забезпечує залучення суспільства до циркулярної моделі економіки через створення рівного доступу до ресурсів, можливостей зайнятості, освіти та інновацій, спрямований на зменшення соціальної нерівності, підтримку розвитку людського капіталу та забезпечення справедливого розподілу вигод циркулярної трансформації.

**Екологічна циркулярність** – це система збереження і відновлення природних ресурсів шляхом інтеграції принципів замкнутого циклу виробництва й споживання, мінімізації утворення відходів та скорочення екологічного сліду для забезпечення екологічної сталості економічного розвитку.

Виділимо основні тригери наданих визначень, порівнюючи нові категорії за сутністю, основною метою та ключовими механізмами (табл. 2.4).

Отже, за даними табл. 2.4 видно, що соціальна циркулярність забезпечує рівність і залучення громадян до циркулярної економіки через освіту, зайнятість та доступ до ресурсів; екологічна циркулярність орієнтується на природне відновлення ресурсів і мінімізацію екологічного сліду шляхом впровадження «зелених» практик, а економічна циркулярність розвиває нові виробничо-споживчі моделі, спрямовані на збереження ресурсів, економічну вигоду та стійкість держави.

Таблиця 2.4 – Порівняльний аналіз видів циркулярності країни

Категорія	Сутність	Основна мета	Ключові механізми
Економічна циркулярність країни	Впровадження циркулярних практик у масштабах національної економіки	Оптимізація ресурсів, економічна стійкість, інновації	Замкнуті виробничі ланцюги, рециклінг, нові бізнес-моделі
Соціальна циркулярність країни	Інтеграція населення у циркулярні процеси економіки через доступ до ресурсів, інновацій і можливостей	Соціальна справедливість, інклюзія, розвиток людського капіталу	Освіта, перепідготовка кадрів, доступ до циркулярної інфраструктури
Екологічна циркулярність країни	Формування замкнутих екологічних потоків у національній економіці	Відновлення ресурсів, мінімізація шкоди довкіллю	Переробка відходів, біоекономіка, екологічні технології

Джерело: складено автором

Для розрахунку блочних індексів циркулярності рекомендовано використовувати такі субіндекси: субіндекси циркулярності макrorівня ( $I_{ЕЦК}^{макро}$ ,  $I_{СЦК}^{макро}$ ,  $I_{ЕклЦК}^{макро}$ ); субіндекси циркулярності мезорівня ( $I_{ЕЦК}^{мезо}$ ,  $I_{СЦК}^{мезо}$ ,  $I_{ЕклЦК}^{мезо}$ ); субіндекси циркулярності мікрорівня ( $I_{ЕЦК}^{мікро}$ ,  $I_{СЦК}^{мікро}$ ,  $I_{ЕклЦК}^{мікро}$ ). У свою чергу кожний з субіндексів циркулярності певного рівня розраховується на основі одиничних індикаторів (рис. 2.37) [201].

Кожен із субіндексів блочних індексів циркулярності країни розраховується на основі одиничних індикаторів, наведених у табл. В.3-В.5 Додатку В.

На основі індивідуальних, групових та блочних показників розраховується індекс циркулярності країни за етапами:

**1. Формування матриці вихідних оціночних характеристик**, до складу якої входять індикаторів циркулярності країни. Кожний  $i$ -й індикатор ( $i \in 1, \dots, n$ )  $j$ -ої країни ( $j \in 1, \dots, m$ ) задається величиною відповідного коефіцієнта  $a_{ij}$ , і в результаті формується матриця  $A$ , рядки якої характеризують аспекти циркулярності країни за різними показниками:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

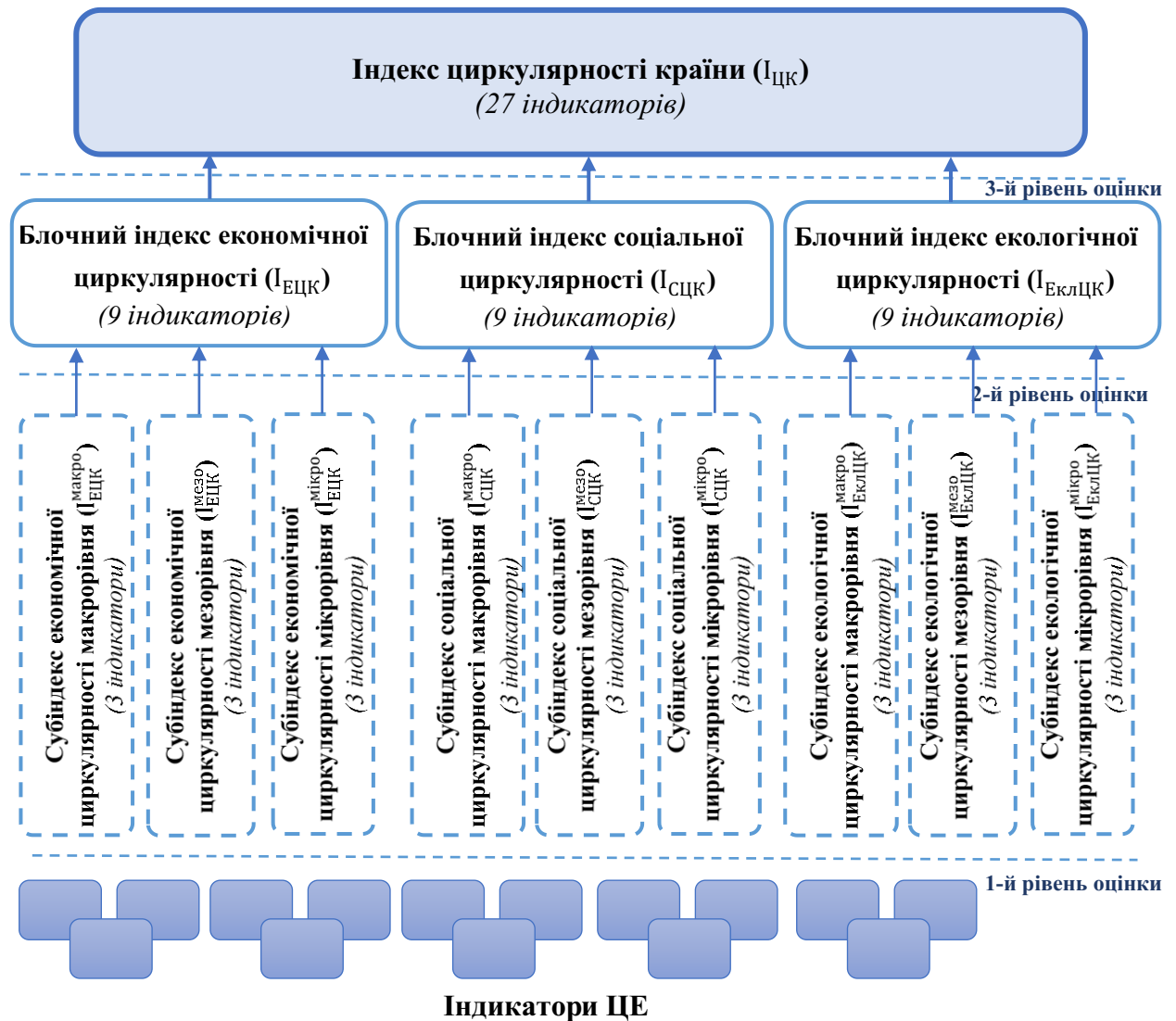


Рисунок 2.37 – Декомпозиція індикаторів оцінки циркулярності країни

*Джерело:* розроблено автором

2. **Побудова вектора, що складається з еталонних значень** щодо кожного з цих показників з поділом їх на стимулятори та дестимулятори. До стимуляторів належать індикатори, збільшення яких покращує рівень циркулярності країни, а дестимулятори, навпаки, їх збільшення призводить до погіршення рівня циркулярності країни.

Серед індикаторів-стимуляторів відбираються максимальні значення, серед індикаторів-дестимуляторів – мінімальні:

$$e_{0}^{\text{еталон}} = \begin{cases} \min( \quad ), & \notin \\ \max( \quad ), & \in \end{cases}, \quad (2.2)$$

3. **Упорядкування нормалізованої матриці.** Найпростішим методом оцінки певного одиничного індикатора циркулярності країни є його нормування. Нормування показників, зростання яких за своєю економічною сутністю відображає позитивну тенденцію (стимуляторів), проводиться за формулою:

$$= \frac{-}{-}, \quad (2.3)$$

де  $-$  – нормований індикатор циркулярності країни;

– фактичне значення індикатора циркулярності країни;

– мінімальне значення індикатора циркулярності країни на відповідному інтервалі для індикатора ;

– максимальне значення індикатора циркулярності країни на відповідному інтервалі для індикатора .

Для показників, зростання яких за своєю економічною сутністю відображає негативну тенденцію (дестимуляторів), нормування здійснюється за такою формулою:

$$= \frac{-}{-}. \quad (2.4)$$

4. **Ранжування оціночних показників складових** циркулярності країни за рівнем значимості. Результатом цього етапу є побудова деякого вектора (  $k_1, k_2, \dots$  ), де  $k_i$  – коефіцієнт значимості кожної складової циркулярності країни. Аналітичну значущість показників прийнято визначати експертним шляхом [  $k_1, k_2, \dots$  ] з урахуванням уявлення про важливість того чи іншого показника [235]. Для визначення вагомості складових економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни була розроблена анкета (табл. В.6 Додатку В).

На основі методів експертної оцінки проведено опитування 50 науковців, які висловили свою думку щодо кожної складової циркулярності з анкети. Результати опитування респондентів було опрацьовано методом «Контекст-аналізу» та отримано узагальнені такі дані (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Ступінь впливу окремих складових циркулярності країни на її загальний рівень

№	Складові циркулярності країни	Вагомість
<b>1</b>	<b>Економічна циркулярність країни</b>	<b>0,37</b>
	1.1. Економічна циркулярність країни за макрорівнем	0,35
	1.2. Економічна циркулярність країни за мезорівнем	0,20
	1.3. Економічна циркулярність країни за мікрорівнем	0,45
<b>2</b>	<b>Соціальна циркулярність країни</b>	<b>0,31</b>
	2.1. Соціальна циркулярність країни за макрорівнем	0,41
	2.2. Соціальна циркулярність країни за мезорівнем	0,31
	2.3. Соціальна циркулярність країни за мікрорівнем	0,28
<b>3</b>	<b>Екологічна циркулярність країни</b>	<b>0,32</b>
	3.1. Екологічна циркулярність країни за макрорівнем	0,38
	3.2. Екологічна циркулярність країни за мезорівнем	0,35
	3.3. Екологічна циркулярність країни за мікрорівнем	0,27

*Джерело:* складено автором

5. *Розрахунок складових* у розрізі економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни за різними рівнями як середньоарифметичної з рівною вагою індикаторів за формулами:

*для складових економічної циркулярності країни:*

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{макро}} = \frac{E_{\text{макро.1}} + E_{\text{макро.2}} + E_{\text{макро.3}}}{3}, \quad (2.5)$$

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{E_{\text{мезо.1}} + E_{\text{мезо.2}} + E_{\text{мезо.3}}}{3}, \quad (2.6)$$

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{E_{\text{мікро.1}} + E_{\text{мікро.2}} + E_{\text{мікро.3}}}{3}, \quad (2.7)$$

*для складових соціальної циркулярності країни:*

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{макро}} = \frac{S_{\text{макро.1}} + S_{\text{макро.2}} + S_{\text{макро.3}}}{3}, \quad (2.8)$$

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{С_{\text{мезо.1}} + С_{\text{мезо.2}} + С_{\text{мезо.3}}}{3}, \quad (2.9)$$

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{С_{\text{мікро.1}} + С_{\text{мікро.2}} + С_{\text{мікро.3}}}{3}, \quad (2.10)$$

*для складових екологічної циркулярності країни:*

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{макро}} = \frac{\text{ЕклМакро.1} + \text{ЕклМакро.2} + \text{ЕклМакро.3}}{3}, \quad (2.11)$$

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{\text{ЕклМезо.1} + \text{ЕклМезо.2} + \text{ЕклМезо.3}}{3}, \quad (2.12)$$

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{\text{ЕклМікро.1} + \text{ЕклМікро.2} + \text{ЕклМікро.3}}{3}, \quad (2.13)$$

**6. Розрахунок економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни** за формулами:

$$I_{\text{ЕЦК}} = \alpha_1 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{макро}} + \alpha_2 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мезо}} + \alpha_3 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (2.14)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – вагомості економічної циркулярності країни за макро-, мезо- та мікро- рівнями відповідно;  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ .

$$I_{\text{СЦК}} = \beta_1 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{макро}} + \beta_2 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{мезо}} + \beta_3 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (2.15)$$

де  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – вагомості соціальної циркулярності країни за макро-, мезо- та мікро- рівнями відповідно;  $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ .

$$I_{\text{ЕклЦК}} = \gamma_1 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{макро}} + \gamma_2 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мезо}} + \gamma_3 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (2.16)$$

де  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  – вагомості екологічної циркулярності країни за макро-, мезо- та мікро- рівнями відповідно;  $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1$ .

**7. Розрахунок індексу циркулярності країни** за формулою:

$$I_{\text{ЦК}} = \alpha_1 \times I_{\text{КЦК}} + \alpha_2 \times I_{\text{СЦК}} + \alpha_3 \times I_{\text{ЕклЦК}}, \quad (2.17)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – вагомості економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни відповідно;  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ .

### 8. Формування шкали інтерпретації рівня циркулярності країни.

Важливим кроком визначення індексу циркулярності країни є визначення шкали.

Обґрунтування інтервалів значення індексу циркулярності країни та побудова шкали оцінки здійснено на основі узагальненої оцінки середніх величин (рис. 2.38).

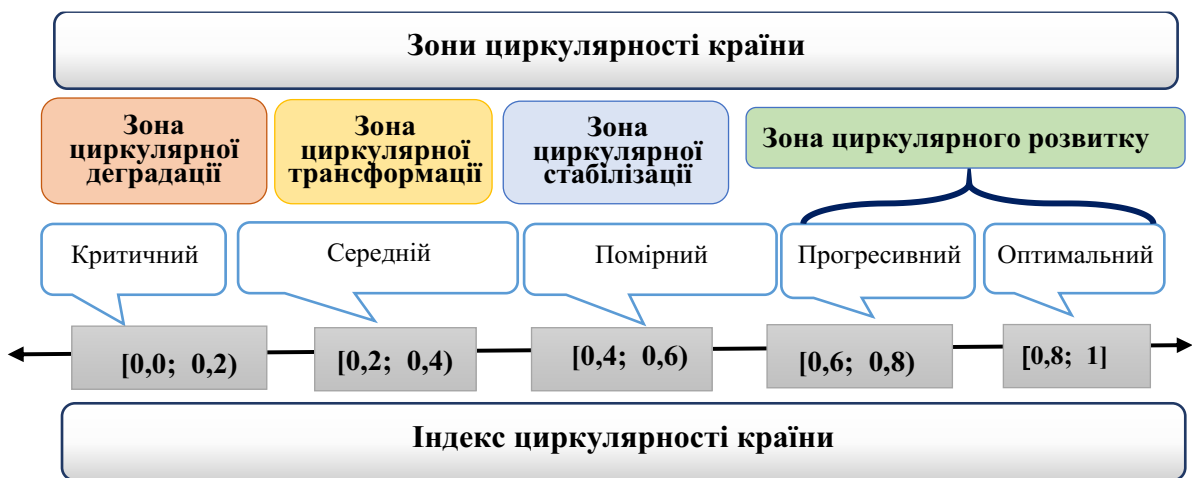


Рисунок 2.38 – Шкала визначення зон циркулярності країн відповідно до граничних значень

Джерело: складено автором

Відповідно до рис. 2.38 виділяють такі зони циркулярності країни:

**1. Зона циркулярної деградації (ЗЦД)** відповідає вкрай низькому (критичному) рівню індексу циркулярності країни  $[0,0; 0,2)$  – це область значень індексу циркулярності країни, що свідчить про домінування традиційної лінійної моделі економічного розвитку, що базується на принципі «взяти–виготовити–викинути». У межах цієї зони значення індексу циркулярності є меншим за 20%, що означає надзвичайно обмежене залучення вторинних матеріалів до виробничого циклу та критично низький рівень повторного використання ресурсів.

Основні характеристики зони циркулярної деградації такі:

- *низький рівень матеріального замкнення циклу* – частка перероблених, відновлених або повторно використаних матеріалів у загальному ресурсному споживанні країни незначна, часто не перевищує 5-7%;
- *домінування первинного ресурсоспоживання* – виробничо-споживчі моделі орієнтовані на інтенсивне залучення природних ресурсів без подальшого повернення їх у цикл;
- *недостатність нормативно-правової бази та інституційної підтримки* – відсутні комплексні національні стратегії з розвитку циркулярної економіки, низький рівень державного стимулювання вторинного виробництва;
- *високе навантаження на довкілля* – значна частка твердих побутових та промислових відходів захоронюється на полігонах, що сприяє екологічній деградації, забрудненню води, ґрунтів і повітря;
- *слабкий розвиток екологічно орієнтованих технологій* – інноваційна активність у сфері переробки, утилізації та екодизайну майже відсутня або носить точковий, несистемний характер.

Отже, перебування країни в зоні циркулярної деградації вказує на системну екологічну та економічну неефективність використання ресурсів. Такий стан формує високі ризики довгострокової нестійкості розвитку, підвищеної залежності від імпорту сировини та екологічної вразливості. Для виходу з цієї зони необхідним є реформування державної політики у сфері управління відходами, інвестування в інфраструктуру повторного використання ресурсів та інтеграція принципів циркулярності в національні стратегії сталого розвитку.

**2. Зона циркулярної трансформації (ЗЦТ)** відповідає середньому рівню індексу циркулярності країни  $[0,2; 0,4)$  – це область значень індексу циркулярності країни, що характеризується початком системного переходу від лінійної моделі ресурсоспоживання до більш замкнутого, відновлюваного циклу. Значення індексу циркулярності для країн цієї зони зазвичай становить від 20 % до 40 %, що свідчить про наявність перших ознак структурних змін у використанні ресурсів та управлінні відходами.

Основні риси зони циркулярної трансформації такі:

- *формування політичного та регуляторного базису* – розробляються перші національні або секторальні стратегії сталого розвитку, управління відходами та повторного використання ресурсів. З'являються стимули для бізнесу до екологізації виробництва;

- *інституційне активування процесів циркуляризації* – утворюються спеціалізовані органи, започатковуються державні або донорські програми підтримки зеленої економіки, поступово впроваджуються механізми розширеної відповідальності виробника (РВВ);

- *зростання частки вторинних ресурсів* – рівень переробки і повторного використання сировини поступово зростає, але залишається нижчим за глобально рекомендовані орієнтири. Створюються локальні ринки вторинної сировини;

- *освітньо-суспільна мобілізація* – зростає екологічна обізнаність населення, з'являються ініціативи з роздільного збору відходів, просування стилю життя з низьким рівнем відходів (zero waste);

- *сектори-локомотиви* – окремі галузі, як-от упаковка, будівництво, текстиль або електроніка, демонструють активне впровадження циркулярних практик – еко-дизайн, ремонт, повторне використання тощо.

Отже, зона циркулярної трансформації є критичним перехідним етапом, що вказує на початок системного зрушення до ресурсоефективної моделі розвитку. Для закріплення прогресу країні необхідно перейти від фрагментарних рішень до інтегрованої політики, що охоплює інновації, фінансові інструменти, освіту та багаторівневе управління. Успішна реалізація цього етапу створює підґрунтя для переходу до більш зрілих форм циркулярної економіки, характерних для зони стабілізації.

**3. Зона циркулярної стабілізації (ЗЦС)** відповідає помірному рівню індексу циркулярності країни [0,4; 0,6) – це область значень індексу циркулярності країни, за якого економічна система вже набула стійких ознак циркулярності, що свідчить про інституційну, нормативну та виробничу інтеграцію принципів замкнутого циклу, що забезпечує поступовий перехід від ресурсно-інтенсивної до ресурсоефективної моделі зростання.

Основні характеристики зони циркулярної стабілізації такі:

- *функціонуюча циркулярна інфраструктура* – у країні створено ефективну систему поводження з відходами, переробними потужностями, логістикою зворотного потоку (reverse logistics), а також діє ринок вторинної сировини;
- *комплексна нормативно-правова база* – законодавство охоплює повний цикл ресурсокористування – від еко-дизайну до утилізації – з чіткими вимогами до підприємств щодо скорочення відходів, викидів та енергоспоживання;
- *галузева трансформація* – виробничі ланцюги все частіше перебудовуються за принципами life cycle thinking (життєвого циклу продукту), що сприяє зменшенню ресурсного навантаження на кожному етапі;
- *інтеграція циркулярності в економічну політику* – циркулярна економіка стає одним із пріоритетів національного розвитку, її засади враховуються при розробці податкової, інноваційної та інвестиційної політики.
- *інновації та технології* – поширюються високотехнологічні рішення – біоекономіка, повторне виробництво (remanufacturing), цифрові платформи для обміну ресурсами, моделі «продукт як послуга».

Отже, країни, що перебувають у зоні циркулярної стабілізації, досягли якісного переходу від точкових ініціатив до структурної циркулярності, що охоплює основні галузі економіки та інституційні механізми управління. Утвердження циркулярних практик на цьому етапі не лише знижує антропогенне навантаження на довкілля, а й забезпечує конкурентні переваги на глобальному рівні, зокрема через оптимізацію витрат, стимулювання інновацій та формування зеленого іміджу. Для переходу в наступну – найвищу – зону необхідна системна екосистема інновацій, міжнародна кооперація та високий рівень суспільної культури сталого споживання.

**4. Зона циркулярного розвитку (ЗЦР)** відповідає прогресивному та оптимальному рівню індексу циркулярності країни [0,6; 1] – це область значень з найвищим рівнем досягнення країни в ієрархії циркулярної економіки, який характеризується повномасштабною інтеграцією принципів замкнутого циклу у всі сфери суспільно-економічної діяльності. Значення індексу циркулярності для

цієї зони становить понад 60 %, що свідчить про системну ресурсоефективність, мінімізацію відходів, розвинену інфраструктуру переробки та інноваційно-орієнтовану економіку.

Основні характеристики зони циркулярного розвитку такі:

- *системна інтеграція циркулярних практик у всі галузі* – усі ключові сектори економіки – промисловість, будівництво, енергетика, аграрний сектор, логістика, сфера послуг – функціонують за логікою збереження ресурсної цінності та відновлення матеріальних потоків;
- *переважання моделей замкнутого циклу* – поширені моделі «product-as-a-service», «sharing economy», індустріальний симбіоз, розширене повторне виробництво, біоциркулярні системи;
- *цифрова трансформація циркулярної економіки* – використовуються цифрові інструменти (IoT, блокчейн, big data) для моніторингу ресурсних потоків, управління життєвим циклом продукції та підвищення прозорості у ланцюгах поставок;
- *нульовий або майже нульовий рівень відходів* – відходи не лише переробляються, а й активно використовуються через еко-дизайн, біорозкладні матеріали, повторне використання та ремонт;
- *висока культура споживання і відповідальність бізнесу* – суспільство демонструє зрілий рівень екологічної поведінки, а бізнеси активно звітують про циркулярні KPI, впроваджують стандарти ESG та заміщують лінійні моделі новими, сталими;
- *глобальне лідерство та експорт циркулярних рішень* – країни цієї зони виступають провідниками циркулярної трансформації на міжнародному рівні, експортують технології, знання та формують глобальні стандарти.

Отже, зона циркулярного розвитку є вершиною екологічної, інноваційної та економічної зрілості суспільства. Перебування країни у цій зоні свідчить про її здатність поєднувати економічне зростання з екологічною рівновагою, досягати високих показників конкурентоспроможності, кліматичної нейтральності та соціального добробуту. Такий рівень потребує стратегічного бачення, політичної

волі, масштабних інвестицій та активної участі всіх стейкхолдерів – від уряду до домогосподарств.

На основі розробленого науково-методичного підходу щодо розробки інструментарію оцінювання циркулярності країни, проведено розрахунок індексу циркулярності країн ЄС за 2023 р.

Статистичні дані (табл. В.7-В.9) та проміжні результати розрахунків (табл. В.10-В.12) наведено у Додатку В. За деякими даними, статистична інформація складається у ЄС кожних два роки, для можливості використання обраних індикаторів було визначено прогностичні показники за методом експотенційного згладжування. Результати розрахунків кожного блочного індексу та індексу циркулярності країн Європи за 2023 р. наведено у табл. 2.6.

Аналіз розрахунків блочних індексів економічної, соціальної та екологічної циркулярності, а також інтегрального індексу циркулярності країн Європи за 2023 р. дозволяє зробити низку важливих висновків щодо рівня впровадження принципів ЦЕ в межах європейського простору.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунків блочних індексів та індексу циркулярності країн Європи за 2023 р.

Країни	Блочні індекси циркулярності країни			Індекс циркулярності (І <sub>ЦК</sub> )	Зона циркулярності
	економічної (І <sub>ЕЦК</sub> )	соціальної (І <sub>СЦК</sub> )	екологічної (І <sub>ЕклЦК</sub> )		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Belgium	0,544	0,618	0,768	<b>0,675</b>	<b>ЗЦР</b>
Bulgaria	0,333	0,462	0,599	<b>0,486</b>	<b>ЗЦС</b>
Czechia	0,453	0,543	0,733	<b>0,603</b>	<b>ЗЦР</b>
Denmark	0,558	0,636	0,732	<b>0,676</b>	<b>ЗЦР</b>
Germany	0,592	0,724	0,739	<b>0,724</b>	<b>ЗЦР</b>
Estonia	0,494	0,500	0,581	<b>0,554</b>	<b>ЗЦС</b>
Ireland	0,513	0,496	0,721	<b>0,604</b>	<b>ЗЦР</b>
Greece	0,328	0,520	0,683	<b>0,532</b>	<b>ЗЦС</b>
Spain	0,513	0,555	0,678	<b>0,612</b>	<b>ЗЦР</b>
France	0,594	0,662	0,728	<b>0,698</b>	<b>ЗЦР</b>

## Продовження таблиці 2.6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Croatia	0,356	0,467	0,737	<b>0,540</b>	<b>ЗЦС</b>
Italy	0,569	0,579	0,642	<b>0,630</b>	<b>ЗЦР</b>
Cyprus	0,361	0,508	0,573	<b>0,505</b>	<b>ЗЦС</b>
Latvia	0,394	0,461	0,812	<b>0,576</b>	<b>ЗЦС</b>
Lithuania	0,411	0,450	0,740	<b>0,555</b>	<b>ЗЦС</b>
Luxembourg	0,565	0,568	0,560	<b>0,598</b>	<b>ЗЦС</b>
Hungary	0,396	0,503	0,686	<b>0,552</b>	<b>ЗЦС</b>
Malta	0,412	0,437	0,507	<b>0,476</b>	<b>ЗЦС</b>
Netherlands	0,676	0,643	0,755	<b>0,730</b>	<b>ЗЦР</b>
Austria	0,587	0,622	0,750	<b>0,687</b>	<b>ЗЦР</b>
Poland	0,462	0,571	0,659	<b>0,593</b>	<b>ЗЦС</b>
Portugal	0,302	0,590	0,677	<b>0,547</b>	<b>ЗЦС</b>
Romania	0,385	0,401	0,605	<b>0,484</b>	<b>ЗЦС</b>
Slovenia	0,359	0,546	0,690	<b>0,556</b>	<b>ЗЦС</b>
Slovakia	0,407	0,455	0,731	<b>0,553</b>	<b>ЗЦС</b>
Finland	0,429	0,593	0,612	<b>0,574</b>	<b>ЗЦС</b>
Sweden	0,509	0,600	0,682	<b>0,629</b>	<b>ЗЦР</b>
Iceland	0,302	0,543	0,236	<b>0,389</b>	<b>ЗЦТ</b>
Norway	0,452	0,535	0,597	<b>0,557</b>	<b>ЗЦС</b>
Switzerland	0,429	0,659	0,495	<b>0,561</b>	<b>ЗЦС</b>
Bosnia and Herzegovina	0,205	0,209	0,204	<b>0,218</b>	<b>ЗЦТ</b>
Montenegro	0,135	0,245	0,162	<b>0,192</b>	<b>ЗЦТ</b>
North Macedonia	0,096	0,285	0,219	<b>0,211</b>	<b>ЗЦТ</b>
Albania	0,112	0,297	0,295	<b>0,246</b>	<b>ЗЦТ</b>
Serbia	0,110	0,342	0,304	<b>0,265</b>	<b>ЗЦТ</b>
Kosovo*	0,108	0,145	0,160	<b>0,145</b>	<b>ЗЦТ</b>
Türkiye	0,159	0,338	0,457	<b>0,330</b>	<b>ЗЦТ</b>

*Джерело:* розраховано автором на основі табл. В.5-В.7 Додатку В

1. Згідно з результатами обчислень слід відмітити країни із високим рівнем циркулярності. Так, 11 країн (або 29,7 % від загальної кількості) увійшли до зони циркулярного розвитку (ЗЦР) з індексом циркулярності в межах [0,6; 1]. Це свідчить про високий ступінь інтеграції принципів замкнутого циклу у національні економіки таких держав, як Нідерланди (0,730), Німеччина (0,724), Франція (0,698), Данія (0,676), Бельгія (0,675) тощо. Характерною рисою цих країн є збалансованість між усіма трьома блочними індексами циркулярності, що відображає цілісний і стратегічний підхід до реалізації концепції ЦЕ.

2. Найчисельнішу групу становлять країни, що входять до зони циркулярної стабілізації (ЗЦС) – 18 держав (48,6 %). Ці країни (зокрема Естонія, Литва, Латвія, Хорватія, Словенія, Угорщина та ін.) демонструють помірний рівень розвитку циркулярної економіки з певною нерівномірністю між складовими: зазвичай спостерігається вищий рівень екологічної циркулярності порівняно з економічною та соціальною. Це свідчить про переважно екологічно орієнтовану циркулярну трансформацію, з недостатнім розвитком інституційної та ринкової інфраструктури повторного використання ресурсів.

3. До зони циркулярної трансформації (ЗЦТ) увійшли 8 країн – переважно держави Західних Балкан (Боснія і Герцеговина, Чорногорія, Північна Македонія, Албанія, Сербія, Косово, Ісландія), а також Туреччина. Їхні значення індексу циркулярності варіюються в межах  $[0,2-0,4]$ , що вказує на початкову стадію переходу до циркулярної моделі економіки. Дані країни характеризуються низькими показниками економічної циркулярності (переважно  $< 0,3$ ) та фрагментарністю екологічної політики. Системними бар'єрами, що стримують поглиблення циркулярних змін, можна назвати інституційну слабкість, недосконале регулювання та недостатній рівень інновацій.

4. За результатами розрахунку слід відмітити блочну асиметрію та значну роль екологічного індексу як драйвера. Зафіксовано домінування екологічного блочного індексу у структурі індексу циркулярності майже у всіх країнах, незалежно від загального рівня розвитку. Зокрема, навіть країни з відносно низьким значенням економічної циркулярності (наприклад, Латвія, Литва, Угорщина) демонструють високі значення екологічної циркулярності ( $>0,7$ ), що вказує на превалювання екологічних заходів над економічними механізмами циркулярності. Це свідчить про потенційно однобічну модель реалізації ЦЕ, яка потребує балансування та посилення економічних інструментів (стимулів, інвестицій, зелених фінансів).

5. Значення індексу соціальної циркулярності в більшості країн є нижчими порівняно з екологічною та економічною циркулярностями. Це свідчить про недостатню увагу до соціальної інклюзії, рівного доступу до інфраструктури ЦЕ,

освіти, підвищення кваліфікації. Такий дисбаланс стримує циркулярну трансформацію на рівні домогосподарств і громад, оскільки соціальні бар'єри (нерівність, низька обізнаність) зменшують ефективність навіть технічно оптимальних рішень.

6. Значення індексу циркулярності для країн-кандидатів коливаються в межах 0,291–0,370 і відповідають зоні циркулярної трансформації, що свідчить про інституційну незрілість, фрагментарність стратегічних ініціатив та слабкий розвиток інфраструктури. Для досягнення рівня принаймні зони циркулярної стабілізації цим країнам необхідні масштабні реформи у сфері екологічного менеджменту, індустріальної політики та підтримки інновацій.

Таким чином, проведене групування країн за зонами циркулярності підтверджує ефективність індексу як інтегрального інструменту оцінювання рівня циркулярності національних економік. Його застосування дозволяє:

- виявити структурні диспропорції між складовими циркулярності (економічною, соціальною, екологічною);
- виявити геополітичні відмінності між країнами ядра ЄС та периферії;
- ідентифікувати пріоритетні напрями політичного втручання (економічне стимулювання, соціальна інтеграція, підтримка інновацій).

Результати дослідження можуть бути використані як аналітична база для формування національних стратегій циркулярної трансформації, адаптації європейського досвіду та розробки політик ЦЕ.

## **Висновки до розділу 2**

В результаті проведеного дослідження було поглиблено аналітичне підґрунтя розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи шляхом поєднання макроаналізу матеріально-ресурсних потоків із секторальною діагностикою інструментів замкнутого циклу та подальшою систематизацією детермінант переходу. Так, узагальнення даних Circle Economy Foundation підтвердило довготривале зростання глобального видобутку матеріалів у 1970-

2024 рр. і, відповідно, об'єктивну потребу в механізмах, що зменшують втрати вартості по всьому життєвому циклу продуктів.

На основі порівняльного аналізу моделей утворення та поводження з відходами встановлено суттєву неоднорідність національних систем: ключовим є не лише масштаб відходоутворення, а структура поводження (переробка, енергетична утилізація, захоронення) та якість інституційної відповіді.

Секторальний огляд показав, що інструменти циркулярної економіки мають різний профіль застосування у галузях із найвищою ресурсною інтенсивністю. В енергетиці та металургії систематизовано рішення ресурсоефективності, промислової симбіозності, використання побічних продуктів і вторинної сировини; у будівництві обґрунтовано пріоритет екодизайну, модульності, проектування для демонтажу та повторного використання компонентів; в електротехнічній галузі доведено необхідність переходу до дизайну для ремонту/розбирання, стандартизації компонентів і підтримки підходів «право на ремонт». У роздрібній торгівлі акцентовано проблему пакування та поширення багаторазових систем, а в легкій промисловості – подовження життєвого циклу виробів, ресейл/ремонт і розвиток технологій циркулярності. В агропродовольчих системах обґрунтовано першочерговість запобігання харчовим втратам, оптимізації ланцюгів постачання та інновацій моніторингу й планування.

Наступним етапом стало формування структури детермінант розвитку глобальної циркулярної економіки, у межах якої екологічні чинники відображають масштаб виснаження ресурсів, деградації екосистем і накопичення відходів, економічні – зміну відносних цін ресурсів, зростання витрат лінійної моделі та формування попиту на ресурсоефективні рішення, технологічні – прискорення переходу завдяки IoT та AI (моніторинг потоків, оптимізація ланцюгів, прогнозування попиту), розвитку технологій переробки й адитивного виробництва, політико-регуляторні – інституціоналізацію рамок сталого розвитку та впровадження інструментів типу розширеної відповідальності виробника, соціально-демографічні – трансформацію споживчих практик, екологічної свідомості та покоління зрушення, корпоративні – посилення стандартів

нефінансової звітності, управлінської відповідальності й трансформацію бізнес-моделей у бік циклічності, фінансові – розширення «зеленого» фінансування, інвестиційних стимулів і механізмів управління ризиками, а освітньо-наукові – розвиток дослідницької та кадрової бази, що забезпечує генерацію інновацій і масштабування циркулярних практик.

Окрім того, у дисертації запропоновано науково-методичний підхід оцінювання рівня циркулярності національних економік, що базується на інтеграції мікро-, мезо- та макрорівневих показників економічної діяльності, а також враховує соціальні, економічні та екологічні аспекти сталого розвитку.

Аналіз результатів розрахунку Індексу циркулярності країни Європи за 2023 р. показав значну диференціацію рівня циркуляції між країнами, що підкреслює важливість врахування національних особливостей при розробці стратегій. Зафіксовано домінування екологічного індексу як драйвера, що вказує на певну потребу посилення економічних стимулів та соціальної інклюзії. Таким чином, обґрунтована методика дозволяє оцінити не тільки технічну ефективність циркулярних ініціатив, але й їх вплив на суспільство та навколишнє середовище, сприяючи розробці збалансованих стратегій, спрямованих на сталий розвиток та підвищення конкурентоспроможності економік.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в працях [172; 173; 200; 201].

## РОЗДІЛ 3

### МЕХАНІЗМИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН

#### **3.1 Кореляційний аналіз предикторів економічної, соціальної та екологічної циркулярності країн Європи**

На тлі агрегації та інтегральної оцінки рівня циркулярності національної економіки (п. 2.3 дисертаційної роботи), предметом подальшого наукового пошуку стає проведення поглибленого аналізу детермінант, що обґрунтовують рівні економічної, соціальної та екологічної циркулярності для країн Європи.

Задля отримання вичерпної інформації щодо причинно-наслідкових зв'язків та факторів, які генерують спостережувані тенденції, наступним, концептуальним та методологічним етапом дисертаційної роботи є розгляд та аналіз впливу факторних ознак на рівень циркулярності національної економіки.

Цей етап передбачає застосування інструментарію економетричного аналізу, а також використання методів багатовимірної статистики для виявлення та кількісної оцінки залежностей між ключовими характеристиками економічної, соціальної та екологічної систем та відповідним рівнем циркулярності країни.

У межах дослідження було здійснено оцінювання впливу комплексу факторів на рівень економічної циркулярності за допомогою багатфакторної регресійної моделі. Як залежну змінну використано інтегральний показник економічної циркулярності, тоді як до складу пояснювальних змінних включено показники продуктивності ресурсів, енергопродуктивності, рівня залежності країни від імпорту матеріалів, рівня екологічних податків, екологічної прибутковості, рівня приватних інвестицій та інтенсивності викидів у повітря. На попередньому етапі аналізу було встановлено наявність ідеальної мультиколінеарності між окремими змінними, зокрема між обсягом торгівлі сировиною та енергопродуктивністю, а також між часткою використання циркулярних матеріалів і рівнем екологічних податків. У зв'язку з цим зазначені змінні були виключені з моделі, що дозволило

забезпечити її статистичну коректність та уникнути проблем сингулярності матриці (3.1).

$$= 0,0794 + 0,0677 x_1 - 0,00139 x_2 + 0,2245 x_3 + 0,0157 x_4 + 0,00846 x_5 + \\ + 0,1678 x_6 - 0,0700 x_7, \quad (3.1)$$

де:

*ЕС* – економічна циркулярність

$x_1$  – продуктивність ресурсів

$x_2$  – енергопродуктивність

$x_3$  – рівень залежності країни від імпорту матеріалів

$x_4$  – рівень екологічних податків

$x_5$  – екологічна прибутковість

$x_6$  – рівень приватних інвестицій

$x_7$  – інтенсивність викидів у повітря

Отримані результати свідчать про високу пояснювальну здатність побудованої моделі. Значення коефіцієнта детермінації становить 0,949, що означає, що близько 94,9 % варіації рівня економічної циркулярності пояснюється включеними до моделі факторами. Скоригований коефіцієнт детермінації дорівнює 0,930, що підтверджує стійкість моделі з урахуванням кількості пояснювальних змінних. Значення F-статистики (50,60) та відповідний рівень значущості ( $p < 0,001$ ) дозволяють зробити висновок про статистичну значущість моделі в цілому.

Аналіз окремих коефіцієнтів регресії дає змогу визначити відносну силу та напрям впливу кожного з факторів. Найбільш вагомим чинником виявилася продуктивність ресурсів, для якої стандартизований коефіцієнт  $\beta$  становить 0,910 і є статистично значущим на високому рівні. Це свідчить про те, що підвищення ефективності використання ресурсів є ключовим драйвером формування економічної циркулярності. З економічної точки зору це означає, що країни, які досягають вищих показників створення доданої вартості на одиницю

використаних ресурсів, мають більш розвинені механізми повторного використання, переробки та заміщення первинних матеріалів.

Другим за значущістю фактором є рівень приватних інвестицій, для якого отримано стандартизований коефіцієнт  $\beta$  на рівні 0,536. Висока статистична значущість цього показника підтверджує, що інвестиційна активність приватного сектору відіграє визначальну роль у переході до циркулярної моделі економіки. Це можна пояснити тим, що саме інвестиції забезпечують фінансування інноваційних технологій, модернізацію виробництва, впровадження ресурсозберігаючих рішень та розвиток інфраструктури переробки.

Важливим результатом є також встановлення значущого впливу рівня залежності країни від імпорту матеріалів, для якого  $\beta$  становить 0,559. Хоча цей результат може виглядати менш очевидним з теоретичної точки зору, він відображає складні структурні взаємозв'язки. Зокрема, висока залежність від імпорту може стимулювати країни до розвитку внутрішніх механізмів переробки та повторного використання ресурсів з метою зниження зовнішньої залежності. Водночас цей ефект слід інтерпретувати обережно, оскільки він може частково відображати взаємозв'язки з іншими змінними моделі.

Інтенсивність викидів у повітря продемонструвала статистично значущий негативний вплив на економічну циркулярність, із коефіцієнтом  $\beta$  на рівні -0,324. Це означає, що зростання екологічного навантаження супроводжується зниженням рівня циркулярності, що є цілком логічним і узгоджується з концептуальними засадами сталого розвитку. Даний результат підкреслює важливість екологічної модернізації виробництва та зниження рівня викидів як необхідної умови переходу до циркулярної економіки.

Натомість такі фактори, як енергопродуктивність, рівень екологічних податків та екологічна прибутковість, не продемонстрували статистично значущого впливу в межах даної моделі. Зокрема, коефіцієнт при енергопродуктивності є близьким до нуля та статистично незначущим, що може свідчити про те, що ефект цього показника вже опосередковано врахований через інші змінні, зокрема продуктивність ресурсів. Аналогічно, відсутність значущості

екологічних податків може бути пов'язана з різною ефективністю їх застосування у різних країнах або з часовими лагами впливу. Екологічна прибутковість також не виявилася значущим фактором, що може свідчити про її вторинний або опосередкований характер впливу.

Важливою методичною особливістю отриманих результатів є наявність підвищеної мультиколінеарності між окремими змінними, що підтверджується високими значеннями відповідних статистичних показників. Це означає, що частина факторів тісно пов'язана між собою, що ускладнює інтерпретацію їх індивідуального впливу. Проте після усунення ідеально колінеарних змінних (обсяг торгівлі сировиною є точною лінійною функцією енергопродуктивності, а частка використання циркулярних матеріалів є точною лінійною функцією рівня екологічних податків) модель зберігає високу пояснювальну здатність, що дозволяє використовувати її для формування узагальнених висновків.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що формування економічної циркулярності визначається передусім інвестиційними та структурно-ефективнісними чинниками. Найбільш вагомими драйверами виступають продуктивність ресурсів та рівень приватних інвестицій, тоді як екологічні характеристики, такі як інтенсивність викидів, відіграють стримуючу роль. Водночас частина показників, що традиційно асоціюються з циркулярною економікою, не демонструє прямого статистично значущого впливу, що свідчить про складний, багаторівневий характер формування циркулярних процесів.

Отримані результати мають важливе практичне значення для формування державної політики. Зокрема, вони підтверджують доцільність стимулювання приватних інвестицій у сфері ресурсоефективних технологій, а також підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів. Одночасно результати вказують на необхідність комплексного підходу до екологічного регулювання, який має враховувати не лише фіскальні інструменти, але й інституційні та інноваційні механізми розвитку циркулярної економіки.

Отримані висновки узгоджуються з положеннями теорії сталого розвитку (*англ. sustainable development*), яка наголошує на необхідності інтеграції

економічних, екологічних та соціальних цілей [4]. Підвищення продуктивності ресурсів є елементом екологічної складової сталого розвитку, що дозволяє зменшити негативний вплив виробництва та споживання на навколишнє середовище [86]. Крім того, підвищення ресурсоефективності може сприяти підвищенню конкурентоспроможності підприємств та їх економічному зростанню [237].

Наступним етапом дослідження є вивчення детермінант, що обумовлюють рівень соціальної циркулярності країн Європи у забезпеченні циркулярного розвитку. Його аналіз потребує врахування широкого спектру чинників, що стосується поведінки споживачів, рівня екологічної свідомості, доступності освіти та соціального захисту/

Отримані дані свідчать про суттєву диференціацію рівнів соціальної циркулярності між країнами. Найвищі значення характерні для економічно розвинених держав Західної та Північної Європи, зокрема Німеччини (0,724), Франції (0,662), Нідерландів (0,643), Данії (0,636) та Австрії (0,622). Натомість найнижчі показники спостерігаються у країнах Балканського регіону, таких як Чорногорія (0,204), Північна Македонія (0,283), Сербія (0,302), Туреччина (0,337) та Боснія і Герцеговина (0,335). Така диференціація свідчить про наявність чіткої залежності між рівнем соціально-економічного розвитку та здатністю формувати соціально орієнтовану циркулярну модель економіки (3.2).

$$= 0,112 + 0,0087 x_1 - 0,0215 x_2 - 0,0043 x_3 + 0,0328 \ln(x_4) + \\ + 0,0512 x_5 - 0,0018 x_6 + 0,0026 x_7, \quad (3.2)$$

де

SC — соціальна циркулярність

$x_1$  — рівень витрат на соціальний захист

$x_2$  — рівень довгострокового безробіття

$x_3$  — рівень ризику бідності серед безробітних

$x_4$  — кількість патентів у сфері переробки (логарифмована)

$x_5$  — частка персоналу, що займається НДДКР

6— рівень споживання енергії домогосподарствами

7— частка населення з вторинною очисткою стічних вод

Такі змінні, як чисельність осіб під загрозою бідності та особи та зайняті у секторі ЦЕ мали підвищену колінеарність, оскільки значною мірою відображають просто масштаб країни – було виключено з моделі.

Одним із ключових факторів, що демонструє стійкий позитивний зв'язок із соціальною циркулярністю, є рівень витрат на соціальний захист. Зокрема, країни з високими показниками соціальних витрат, такі як Франція (35,47 %), Німеччина (31,31 %) та Австрія (31,98 %), мають одні з найвищих значень соціальної циркулярності. Це дозволяє зробити висновок про важливу роль соціальної політики у формуванні інклюзивних та стійких моделей розвитку. Водночас у країнах із низьким рівнем соціальних витрат, таких як Туреччина (8,44 %) або Ірландія (10,2 %), рівень соціальної циркулярності є нижчим або нестабільним, що підкреслює значущість державної підтримки у забезпеченні соціальної стійкості.

Суттєвим фактором є також рівень довгострокового безробіття. Дані свідчать, що високі значення цього показника негативно впливають на соціальну циркулярність. Наприклад, у Греції (6,2 %) та Іспанії (4,3 %) рівень циркулярності є помірним або нижчим, ніж можна було б очікувати з урахуванням інших факторів. У країнах із низьким рівнем довгострокового безробіття, таких як Данія (0,5 %), Нідерланди (0,5 %) або Чехія (0,8 %), спостерігаються більш високі значення соціальної циркулярності. Це підтверджує важливість стабільного ринку праці для забезпечення соціальної інтеграції та участі населення в циркулярних процесах.

Рівень ризику бідності серед безробітних також демонструє значний вплив. Високі значення цього показника, як у Румунії (68,6 %) чи Болгарії (56,8 %), супроводжуються низьким рівнем соціальної циркулярності. Це свідчить про те, що вразливі групи населення мають обмежений доступ до переваг циркулярної економіки, що знижує її соціальну ефективність. Водночас у країнах із нижчим

рівнем ризику бідності, таких як Данія (39,6 %) або Швейцарія (37,6 %), показники соціальної циркулярності є вищими.

Важливу роль відіграють інноваційні фактори, зокрема кількість патентів у сфері переробки та вторинної сировини, а також частка персоналу, зайнятого у науково-дослідній діяльності. Найбільш показовим є приклад Німеччини, де кількість патентів (68,7) значно перевищує інші країни, що корелює з найвищим рівнем соціальної циркулярності. Подібна ситуація спостерігається у Франції, Італії та Нідерландах. Це дозволяє зробити висновок, що інноваційна активність є важливим драйвером соціальної циркулярності, оскільки сприяє створенню нових робочих місць, розвитку технологій переробки та підвищенню ефективності використання ресурсів.

Рівень зайнятості у секторі циркулярної економіки також демонструє чіткий позитивний зв'язок із досліджуваним показником. Країни з високою кількістю зайнятих у цьому секторі, такі як Німеччина (771,8 тис. осіб), Франція (537,0 тис. осіб) та Італія (507,7 тис. осіб), мають високі значення соціальної циркулярності. Це підтверджує, що розвиток циркулярної економіки сприяє створенню робочих місць та соціальній інтеграції.

Окремо слід відзначити значення інфраструктурних факторів, зокрема частки населення, підключеного до вторинної очистки стічних вод. У країнах із високими значеннями цього показника, таких як Нідерланди (99,7 %), Австрія (99,9 %) та Данія (98,5 %), рівень соціальної циркулярності є високим. Це свідчить про важливість розвиненої інфраструктури для забезпечення екологічної та соціальної стійкості.

Водночас аналіз показує, що окремі фактори не демонструють однозначного впливу. Зокрема, рівень споживання енергії домогосподарствами має неоднозначний характер зв'язку, що може бути пов'язано з різними моделями енергоспоживання та рівнем енергоефективності. Аналогічно, абсолютні показники чисельності осіб, що перебувають під загрозою бідності, не завжди корелюють із рівнем соціальної циркулярності через відмінності у розмірах населення країн.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що соціальна циркулярність формується під впливом комплексу взаємопов'язаних факторів, серед яких ключову роль відіграють соціальна політика, ринок праці, інноваційна активність та розвиток інфраструктури. Найбільш вагомими драйверами виступають витрати на соціальний захист, рівень зайнятості у циркулярному секторі та інноваційний потенціал економіки. Водночас високий рівень бідності та безробіття є стримуючими чинниками, що знижують ефективність переходу до циркулярної моделі.

Отримані результати мають важливе практичне значення для формування політики у сфері сталого розвитку. Вони свідчать про необхідність поєднання економічних, соціальних та інноваційних інструментів для забезпечення ефективного функціонування циркулярної економіки. Зокрема, підвищення соціальних стандартів, стимулювання інновацій та розвиток інфраструктури мають розглядатися як взаємодоповнюючі елементи політики, спрямованої на формування соціально орієнтованої циркулярної економіки.

Наступним етапом аналізу є дослідження детермінант екологічної циркулярності. Для цього було розглянуто вплив факторних ознак на рівень екологічної циркулярності країн Європи у 2023 р.

На етапі попереднього аналізу було виявлено низку методичних проблем, зокрема значні відмінності у масштабах вимірювання змінних, наявність пропусків у даних, а також ознаки мультиколінеарності між окремими показниками. Для забезпечення коректності економетричного моделювання було здійснено нормалізацію даних. Зокрема, для змінних, що характеризуються значним розкидом значень, а саме споживчого сліду, втрат від зміни клімату та матеріального сліду, застосовано логарифмічне перетворення, що дозволило зменшити асиметрію розподілу та стабілізувати варіацію. Крім того, всі змінні було стандартизовано за допомогою z-перетворення, що забезпечило можливість порівняння їх впливу на результативний показник через стандартизовані коефіцієнти регресії.

Окрему увагу було приділено проблемі мультиколінеарності. У ході аналізу встановлено, що змінна «матеріальний слід» має високий рівень кореляції зі споживчим слідом, що свідчить про дублювання інформації. Також індекс екологічності виробничого циклу є інтегральним показником, який частково включає інші змінні моделі. У зв'язку з цим зазначені змінні було виключено з подальшого аналізу, що дозволило підвищити стійкість моделі та забезпечити коректність інтерпретації отриманих результатів (3.3).

$$= 0,214 - 0,082 \ln(x_1) - 0,067 x_2 + 0,0035 \ln(x_3) + 0,421 x_4 - 0,052 x_5 + \\ + 0,0068 x_6 + 0,0041 x_7, \quad (3.3)$$

де:

– екологічна циркулярність

- 1 – споживчий слід (логарифмована)
- 2 – утворення відходів на душу населення
- 3 – втрати від зміни клімату (логарифмована)
- 4 – рівень переробки відходів
- 5 – викиди парникових газів
- 6 – індекс чистоти енергоспоживання
- 7 – рівень водокористування

Побудована багатofакторна модель продемонструвала високу пояснювальну здатність. Значення коефіцієнта детермінації становить близько 0,91, що свідчить про те, що понад 90 % варіації екологічної циркулярності пояснюється включеними до моделі факторами. Високе значення F-статистики та її статистична значущість підтверджують адекватність моделі в цілому.

Аналіз отриманих коефіцієнтів регресії дозволяє зробити висновки щодо сили та напрямку впливу окремих факторів. Найбільш вагомим чинником виявився рівень переробки побутових відходів, який демонструє сильний позитивний вплив на екологічну циркулярність. Це означає, що ефективність системи переробки є ключовим елементом формування циркулярної моделі

економіки, оскільки саме вона забезпечує повернення матеріалів у виробничий цикл та зменшення потреби у первинних ресурсах.

Суттєвий негативний вплив мають показники споживчого сліду, рівня утворення відходів та викидів парникових газів. Це свідчить про те, що високий рівень споживання ресурсів, інтенсивне утворення відходів та значне екологічне навантаження є ключовими бар'єрами для розвитку циркулярної економіки. Іншими словами, навіть за наявності розвинених механізмів переробки, надмірне споживання та виробництво відходів знижують загальний рівень циркулярності.

Показник втрат від зміни клімату продемонстрував слабкий позитивний вплив, що може бути пояснено тим, що країни, які зазнають більших втрат, змушені активніше впроваджувати екологічні та адаптаційні заходи, що в довгостроковій перспективі сприяє підвищенню циркулярності. Водночас цей ефект не є визначальним і має допоміжний характер.

Індекс чистоти енергоспоживання також виявив позитивний, але відносно слабкий вплив. Це свідчить про те, що перехід до більш чистих джерел енергії є важливим, проте сам по собі не забезпечує суттєвого зростання циркулярності без розвитку інших компонентів, зокрема системи переробки та управління відходами. Аналогічно, рівень водокористування продемонстрував незначний вплив, що може бути пов'язано з його опосередкованим характером у контексті циркулярної економіки.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що екологічна циркулярність формується під впливом поєднання структурних та поведінкових факторів. Ключову роль відіграє ефективність управління відходами, тоді як надмірне споживання ресурсів та високий рівень екологічного навантаження стримують розвиток циркулярних процесів. Водночас інші фактори, такі як енергетична трансформація та адаптація до кліматичних змін, мають допоміжний характер і посилюють загальний ефект за наявності базових інституційних та інфраструктурних умов.

Отримані результати мають важливе значення для формування екологічної політики. Вони свідчать про необхідність пріоритетного розвитку системи

переробки відходів, обмеження надмірного споживання ресурсів, зниження викидів парникових газів, а також комплексного впровадження інструментів сталого розвитку. Такий підхід дозволить забезпечити більш ефективний перехід до циркулярної економіки та підвищити рівень екологічної циркулярності у довгостроковій перспективі.

### **3.2 Економіко-математичне моделювання економічного розвитку країни на основі імплементації принципів циркулярної економіки**

Моделювання впливу ефективності впровадження ЦЕ на валовий внутрішній продукт (*ВВП, англ. Gross Domestic Product – GDP*) є критично необхідним. Необхідність цього етапу обґрунтовується як теоретичними положеннями, що визначають зв'язок ЦЕ з економічним зростанням, так і емпіричними даними, які підтверджують позитивний вплив циркулярних практик на макроекономічні показники.

Теоретичні основи впливу ЦЕ на економічний розвиток спираються на положення теорій ендогенного економічного зростання [249; 250], які акцентують увагу на ролі інновацій, людського капіталу та знань у забезпеченні сталого економічного прогресу.

Впровадження принципів ЦЕ, зокрема:

- **розширене використання ресурсів (англ. Reuse, Repair, Refurbish)** збільшує економічну цінність існуючих активів, знижує потребу у видобутку первинних ресурсів та зменшує витрати на утилізацію відходів [20];
- **рециклінг (англ. Recycling)** створює вторинні ринки сировини, зменшує залежність від імпорту, сприяє розвитку нових технологій переробки та зменшує екологічне навантаження [22];
- **екодизайн (англ. Eco-design)** стимулює розробку продуктів з урахуванням їхньої довговічності, ремонтпридатності та можливості переробки, що призводить до зменшення матеріаломісткості виробництва та збільшення терміну

служби товарів [67].

Ці механізми стимулюють інноваційну активність, підвищують продуктивність використання ресурсів та формують нові бізнес-моделі, орієнтовані на замикання матеріальних потоків та створення доданої вартості з відходів, що, в кінцевому підсумку, позитивно впливає на ВВП.

Вплив принципів ЦЕ на фактори виробництва країни є багатограним та суттєвим:

- ЦЕ сприяє оптимізації використання *фізичного капіталу* шляхом збільшення терміну експлуатації продуктів, повторного застосування компонентів, вдосконалення виробничих процесів та спільного використання активів. Це призводить до зниження витрат на придбання нового обладнання та зменшення обсягів невикористаних виробничих потужностей [20];

- розвиток ЦЕ стимулює формування нових компетенцій та навичок, пов'язаних з переробкою відходів, ремонтом, повторним використанням, екодизайном та розробкою екологічно чистих технологій. Це створює нові можливості для працевлаштування та підвищення кваліфікації *робочої сили* [42].

- ЦЕ забезпечує раціональне використання природних ресурсів шляхом зменшення обсягів видобутку первинної сировини, збільшення частки перероблених матеріалів, використання відновлюваних джерел енергії та мінімізації утворення відходів. Це знижує екологічний тиск, зменшує залежність від імпорту ресурсів та сприяє енергетичній безпеці країни [22].

Традиційна лінійна економіка, що базується на моделі «виробництво-споживання-утилізація», демонструє значні недоліки, включаючи виснаження природних ресурсів, екологічне забруднення та накопичення відходів, що становить загрозу для сталого розвитку [14].

Внаслідок обмеженості ресурсів та зростання екологічних проблем, ЦЕ пропонує принципово новий підхід, спрямований на мінімізацію відходів, замикання матеріальних потоків та створення економічної, екологічної та соціальної цінності з відходів [17; 25]. На відміну від лінійної моделі, ЦЕ передбачає зменшення використання первинних ресурсів, збільшення терміну

служби продуктів, повторне використання компонентів та матеріалів, а також переробку відходів у вторинну сировину [236]. Цей підхід сприяє зниженню екологічного сліду, підвищенню ресурсоефективності та створенню більш стійкої та конкурентоспроможної економіки [67].

Міжнародний досвід свідчить про значний потенціал ЦЕ для забезпечення економічного зростання. Дослідження, проведені Європейською Комісією [15], Організацією економічного співробітництва та розвитку [193], Програмою ООН з навколишнього середовища [9] та іншими міжнародними організаціями, демонструють, що впровадження принципів ЦЕ може значно збільшити ВВП, підвищити продуктивність ресурсів та створити нові сектори економіки.

Наприклад, звіт Ellen MacArthur Foundation оцінює потенційний економічний вигравш від переходу до ЦЕ в Європі у 1,8 трлн євро до 2030 р. [17], а аналіз Європейського Парламенту [64] підкреслює можливість створення до 2 млн нових робочих місць в ЄС завдяки більш ефективному управлінню відходами.

Успішні практики впровадження принципів ЦЕ спостерігаються в багатьох країнах світу, зокрема, в Нідерландах, Німеччині, Японії, Південній Кореї та Китаї [217; 251]. Ці країни демонструють позитивний вплив циркулярних ініціатив на економічне зростання, підвищення ресурсоефективності, зменшення екологічного тиску та створення нових бізнес-можливостей [232].

Кількісна оцінка впливу впровадження принципів ЦЕ на економічний розвиток країни вимагає застосування сучасних методів економіко-математичного моделювання. Моделювання дозволяє кількісно оцінити вплив різних сценаріїв впровадження ЦЕ на ВВП, продуктивність ресурсів, зайнятість та інші макроекономічні показники [252]. Це дає можливість визначити найбільш ефективні політики та стратегії, спрямовані на стимулювання переходу до ЦЕ, та оцінити їхній вплив на економічний розвиток країни [253].

Моделювання також дозволяє прогнозувати наслідки впровадження принципів ЦЕ для різних секторів економіки, ринку праці та навколишнього середовища, враховуючи складні взаємозв'язки між економічними, екологічними та соціальними факторами [254]. Це є важливим для прийняття обґрунтованих

рішень та планування сталого економічного розвитку.

Результати моделювання можуть бути використані для розробки ефективних інструментів управління, спрямованих на стимулювання переходу до циркулярної економіки. Ці інструменти включають податкові стимули, субсидії, регуляторні заходи, інформаційні кампанії та інші заходи, спрямовані на підтримку інновацій, сприяння повторному використанню ресурсів та мінімізацію утворення відходів [232].

Науково обґрунтованим та методологічно виправданим для досягнення мети дисертаційної роботи є формування моделей економічного розвитку (ВВП) на основі імплементації принципів циркулярної економіки за групами країн Європи, близькими за економічними системами, рівнем технологічного розвитку, рівнем доходів населення тощо. Задля цього пропонується здійснити кластеризацію країн Європи за ефективністю впровадження циркулярних ініціатив з подальшим формуванням моделі для кожного кластера.

Необхідність такого підходу зумовлена таким:

*1. Гетерогенність економічних систем та політик ЦЕ.*

Країни Європи суттєво відрізняються за структурою економіки, рівнем технологічного розвитку, наявністю природних ресурсів, розміром ринку, рівнем доходів населення та іншими економічними характеристиками [16]. Ці відмінності впливають на здатність та мотивацію до впровадження циркулярних ініціатив.

Окрім цього, країни ЄС реалізують різні стратегії та політики ЦЕ, враховуючи свої національні пріоритети та особливості. Наприклад, деякі країни зосереджуються на переробці відходів, інші – на екодизайні, треті – на розвитку ринку вторинної сировини [152]. Ці відмінності впливають на ефективність впровадження ЦЕ та її вплив на економічний розвиток.

І нарешті, ефективність впровадження циркулярних ініціатив залежить від інституційного середовища, включаючи якість законодавства, наявність ефективних механізмів контролю та правозастосування, рівень корупції та довіри до державних інститутів [255]. Інституційні відмінності між країнами ЄС можуть

суттєво впливати на результати впровадження ЦЕ.

## *2. Підвищення точності моделей економічного розвитку.*

Формування окремих моделей економічного розвитку для кожного кластера дозволить врахувати специфічні особливості кожної групи країн, що мають схожий рівень ефективності впровадження циркулярних ініціатив. Це підвищує точність прогнозування впливу ЦЕ на ВВП та інші макроекономічні показники [256].

Кластеризація дозволяє ідентифікувати країни, які досягли найбільшого успіху у впровадженні ЦЕ, та виявити найкращі практики, які можуть бути адаптовані та використані іншими країнами

Результати кластеризації можуть бути використані для розробки диференційованих політик ЦЕ, враховуючи специфічні потреби та можливості кожної групи країн. Це підвищує ефективність державних інтервенцій та сприяє більш швидкому переходу до циркулярної економіки [257].

Досліджуючи передумови впливу впровадження циркулярних ініціатив на економічний розвиток країн Європи (табл. Д.1 Додатку Д) здійснимо кластеризацію країн Європи в програмі Statistica.

Через те, що індикатори циркулярності та рівень економічного розвитку (ВВП) мають різний порядок, було проведено стандартизацію аналітичного масиву (табл. Д.2 Додатку Д). Результатом кластерного аналізу стала дендограма, побудована за методом Варда (рис. 3.1).

Розроблена дендограма (рис. 3.1) дозволяє визначити та узагальнити країни, в яких ефективність спровадження циркулярних ініціатив та рівень економічного розвитку є близькими. Це дозволяє, країнам визначати більш безпечних стратегічних партнерів, країнам впроваджувати та розвивати комплаєнс-політики з метою підвищення рівня розвиненості фінансової архітектури.

За даними рис. 3.4 виділено три кластери, що є більш аплікабельним для дослідженого аналітичного масиву. Наступним етапом кластерного аналізу є дослідження утворених кластерів методом -середніх.

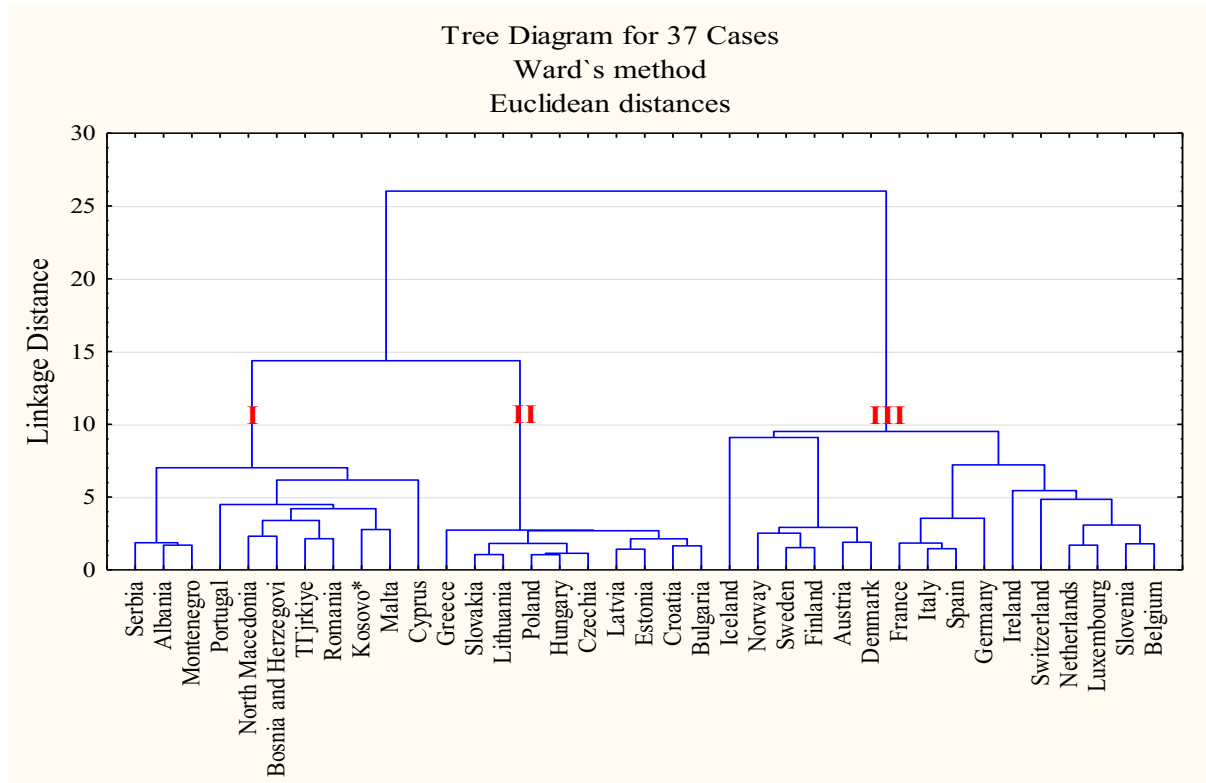


Рисунок 3.1 – Розподіл країн Європи за ключовими предикторами на кластери, 2023 р.

*Джерело:* побудовано автором у програмі Statistica на основі табл. Д.2

Проведемо дисперсійний аналіз, що дає можливість провести аналіз між трьома дослідженими групами. Результати аналізу наведені в табл. 3.1.

Аналіз значень – , представлених у табл. 3.1, виявив, що для таких індикаторів: Індексу чистоти енергоспоживання (  $F = 0,169$ ), Інтенсивності викидів у повітря від промислових підприємств (  $F = 0,92$ ) та ВВП (  $F = 0,119$ ), рівні значущості перевищують критичне значення  $\alpha = 0,05$ . Це свідчить про відсутність статистично значущих відмінностей між групами країн за цими індикаторами при попередньому розподілі на кластери, що ставить під сумнів обґрунтованість початкової структуризації.

Таблиця 3.1 – Результати дисперсійного аналізу

Індикатори	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
ВВП	4,235	2	31,765	34	2,27	0,119
Продуктивність ресурсів	7,549	2	28,451	34	4,51	0,018
Енергопродуктивність	8,092	2	27,908	34	4,93	0,013
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	0,176	2	35,824	34	0,08	0,920
Частка персоналу, що займається НДКР	19,193	2	16,807	34	19,41	0,000
Рівень витрат на соціальний захист	13,908	2	22,092	34	10,70	0,000
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	23,448	2	12,552	34	31,76	0,000
Рівень переробки побутових відходів	24,487	2	11,513	34	36,16	0,000
Індекс чистоти енергоспоживання	3,574	2	32,426	34	1,87	0,169
Рівень водокористування	28,094	2	7,906	34	60,41	0,000

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

З метою досягнення статистичної валідності кластеризації та забезпечення гомогенності кластерів було проведено перегляд кількості утворених кластерів (рис. 3.2).

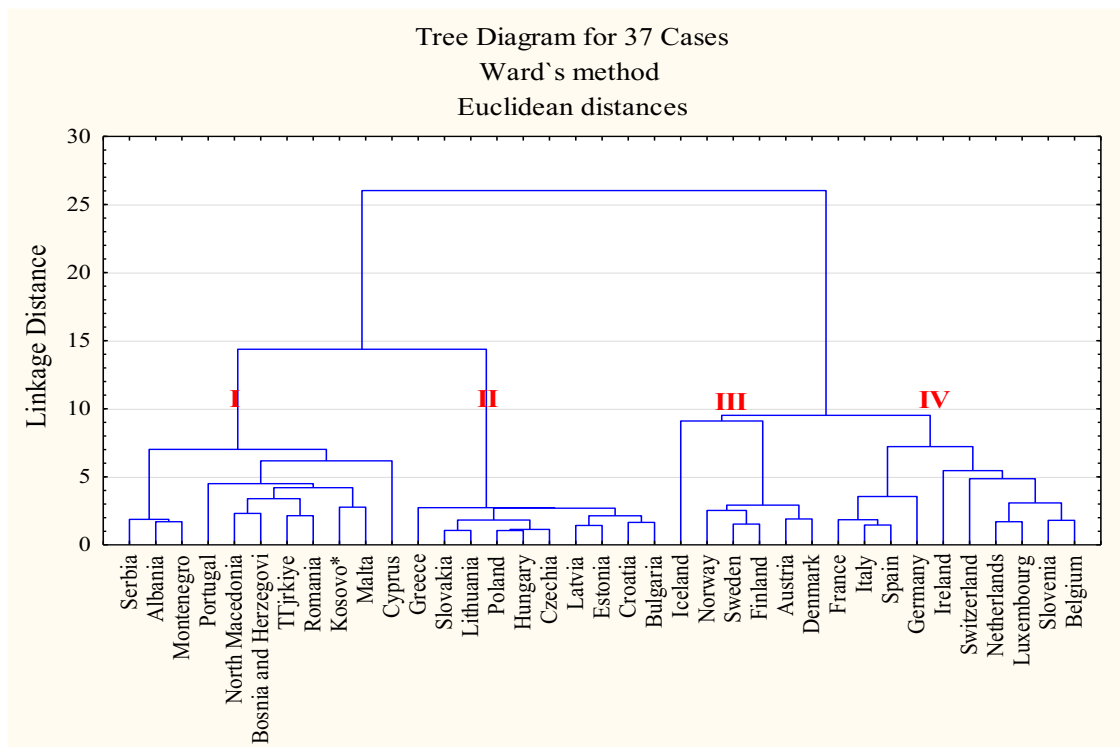


Рисунок 3.2 – Остаточний розподіл країн Європи за ключовими предикторами на кластери, 2023 р.

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica на основі табл. Д.2

В результаті, було обрано чотирикластерне рішення, яке, згідно з результатами дисперсійного аналізу (англ. *Analysis Of Variance – ANOVA*), представленими у табл. 3.2.

Результати дисперсійного аналізу (ANOVA), представлені в табл. 3.2, демонструють статистично значущі відмінності між групами ( $p < 0,05$ ) за всіма досліджуваними індикаторами ефективності впровадження принципів циркулярної економіки. Це є вагомим аргументом на користь правомірності виокремлення чотирьох кластерів країн, оскільки підтверджує наявність суттєвої міжгрупової варіації, що перевищує внутрішньогрупову.

Для визначення приналежності кожної країни Європи до відповідного кластеру було застосовано метод *k*-середніх (*k-means clustering*), який є широко використовуваним алгоритмом кластеризації, що мінімізує внутрішньокластерну дисперсію та забезпечує чітке розмежування між групами на основі обраних індикаторів [258]. Застосування цього методу дозволило ідентифікувати країни зі схожим рівнем ефективності впровадження циркулярних ініціатив та об'єднати їх у відповідні кластери (рис. Д.1 Додатку Д).

Таблиця 3.2 – Результати дисперсійного аналізу

Індикатори	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
ВВП	15,830	3	20,170	33	8,633	0,000
Продуктивність ресурсів	22,867	3	13,133	33	19,152	0,000
Енергопродуктивність	14,089	3	21,911	33	7,073	0,001
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	3,730	3	32,270	33	1,271	0,030
Частка персоналу, що займається НДКР.	27,332	3	8,668	33	34,686	0,000
Рівень витрат на соціальний захист	21,479	3	14,521	33	16,270	0,000
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	19,945	3	16,055	33	13,666	0,000
Рівень переробки побутових відходів	25,792	3	10,208	33	27,793	0,000
Індекс чистоти енергоспоживання	17,672	3	18,328	33	10,606	0,000
Рівень водокористування	9,452	3	26,548	33	3,916	0,017

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

У табл. 3.3 наведені статистичні метрики (евклідові відстані між отриманими кластерами та середні значення) для кожного досліджуваного предиктора сформованих кластерів.

Таблиця 3.3 – Результати кластерного аналізу

Назви кластерів	Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами			Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями			Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками			Країни-лідери з впровадження циркулярних практик		
	Mean	Standard	Variance	Mean	Standard	Variance	Mean	Standard	Variance	Mean	Standard	Variance
Кількість країн у кластері	11			10			10			6		
Країни	Cyprus, Malta, Romania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia, Albania, Serbia, Kosovo, Turkiye, Portugal			Bulgaria. Czechia. Estonia, Greece, Croatia. Latvia. Lithuania. Hungary. Poland, Slovakia			Belgium, Germany, Ireland, Spain, France, Italy, Luxembourg, Netherlands, Switzerland, Slovenia			Denmark, Austria, Iceland, Finland, Sweden, Norway		
ВВП	-0,432	0,3701	0,1370	-0,1577	0,1259	0,0159	-0,4168	0,2341	0,0548	1,1414	1,5106	2,2819
Продуктивність ресурсів	-0,702	0,4899	0,2400	0,0759	0,4875	0,2377	-0,4403	0,3765	0,1417	1,3159	1,0140	1,0282
Енергопродуктивність	-0,601	0,4496	0,2022	0,7599	0,8944	0,8000	-0,4282	0,3471	0,1205	0,7316	1,3586	1,8459
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	-0,055	0,5777	0,3337	0,6830	2,3816	5,6722	-0,0651	0,2800	0,0784	-0,3073	0,0736	0,0054
Частка персоналу, що займається НДКР	-1,250	0,4618	0,2133	1,1209	0,4212	0,1774	-0,0282	0,5574	0,3107	0,6795	0,5527	0,3054
Рівень витрат на соціальний захист	-1,153	0,9100	0,8282	0,7385	0,4280	0,1832	0,0392	0,3503	0,1227	0,7368	0,7748	0,6003
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	-1,129	0,9086	0,8255	0,8272	0,3940	0,1553	0,0949	0,7662	0,5871	0,5763	0,4168	0,1738
Рівень переробки побутових відходів	-1,317	0,3625	0,1314	0,3991	0,5648	0,3190	0,2477	0,7379	0,5445	0,8667	0,4244	0,1801
Індекс чистоти енергоспоживання	-0,349	0,9415	0,8865	1,5297	0,8997	0,8095	-0,0945	0,6689	0,4474	-0,5063	0,4156	0,1727
Рівень водокористування	0,827	1,6646	2,7708	-0,1577	0,1259	0,0159	-0,3527	0,2486	0,0618	-0,2350	0,2738	0,0750

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

З рис. Д.1 Додатку Д та табл. 3.3 видно, що найбільш кластери різняться за предикторами: Частка персоналу, що займається НДКР та Рівень переробки побутових відходів і трохи менші відмінності в середніх для показника Рівень витрат на соціальний захист.

Проведений багатовимірний кластерний аналіз країн Європи на основі низки інтегральних та часткових показників, що характеризують як рівень економічного розвитку, так і ефективність імплементації принципів циркулярної економіки, дозволив емпірично обґрунтувати виокремлення чотирьох статистично валідних кластерів ( $p < 0,05$ ).

Застосування дисперсійного аналізу підтвердило наявність значущих міжгрупових відмінностей за більшістю досліджуваних індикаторів, що свідчить про гетерогенність вибірки та обґрунтовує доцільність кластерного підходу для подальшого аналізу [259].

Результати кластеризації, візуалізовані на рис. Д.1 Додатку Д, та статистичні метрики, представлені у табл. 3.3, вказують на чітку диференціацію кластерів за основними предикторами. Особливо помітні розбіжності спостерігаються за показниками, що відображають інтенсивність науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт у сфері циркулярної економіки («Частка персоналу, що займається НДКР») та ефективність управління відходами («Рівень переробки побутових відходів»). Це дозволяє припустити, що інноваційний потенціал та розвиненість інфраструктури переробки відходів є ключовими факторами, що визначають кластерну структуру. З огляду на це, ідентифікація назв кластерів була здійснена з урахуванням їхніх унікальних характеристик, пріоритетів та досягнень у сфері циркулярних ініціатив.

Отже, кластери було ідентифіковано в такій спосіб:

***Кластер 1. Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами*** включає 11 країн Європи (Cyperus, Malta, Romania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia, Albania, Serbia, Kosovo, Turkiye). Даний кластер характеризується відносно низькими

значеннями показників, що відображають рівень економічного розвитку (ВВП, продуктивність ресурсів, енергоефективність) та інвестиції у науково-технічний прогрес. Водночас, країни цього кластеру демонструють потенціал для покращення екологічної ситуації, про що свідчать відносно низькі значення Індексу чистоти енергоспоживання, що може бути пов'язано з меншим обсягом промислового виробництва та споживання енергії.

**Кластер 2. Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями** налічує 10 країн Європи (Bulgaria, Czechia, Estonia, Greece, Croatia, Latvia, Lithuania, Hungary, Poland, Slovakia). Цей кластер демонструє середні значення економічних показників та показників ефективності впровадження циркулярних ініціатив. Водночас, країни цього кластеру мають відносно низькі показники інтенсивності викидів у повітря від промислових підприємств, що може свідчити про фокус на ресурсозбереженні та впровадженні більш чистих виробничих технологій.

**Кластер 3. Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками** складено 10 країнами Європи (Belgium, Germany, Ireland, Spain, France, Italy, Luxembourg, Netherlands, Switzerland, Slovenia, Portugal). Даний кластер демонструє високий рівень економічного розвитку (ВВП, продуктивність ресурсів) та лідерські позиції у впровадженні циркулярних практик, що підтверджується високими показниками рівня переробки відходів. Крім того, країни цього кластеру характеризуються високим рівнем соціального захисту населення, що може сприяти підтримці та розширенню екологічно орієнтованих ініціатив.

**Кластер 4. Країни-лідери з впровадження циркулярних практик** налічує 6 високорозвинених країн Європи (Denmark, Austria, Iceland, Finland, Sweden, Norway). Цей кластер характеризується високими значеннями показників, що відображають ефективність використання енергії (Енергопродуктивність) та чистоту енергоспоживання (Індекс чистоти енергоспоживання). Це свідчить про те, що країни цього кластеру досягли значних успіхів у переході до низьковуглецевої економіки та зменшенні залежності від викопного палива.

Таким чином, кластеризація країн Європи за ефективністю впровадження циркулярних ініціатив, створює методологічну основу для подальшого економіко-математичного моделювання. Саме кластерна диференціація дозволяє врахувати гетерогенність досліджуваної вибірки та сформувані репрезентативні моделі економічного розвитку, адаптовані до специфіки кожної групи країн. Подальше дослідження буде спрямоване на побудову економетричних моделей, що дозволять кількісно оцінити вплив ключових факторів циркулярної економіки на динаміку валового внутрішнього продукту в кожному з виокремлених кластерів.

Перш ніж почати розробку економіко-математичних моделей, було досліджено вплив циркулярних ініціатив на рівень економічного розвитку країн Європи у розрізі кластерів (рис. 3.3).

За даними рис. 3.3 встановлено такі закономірності щодо впливу циркулярних ініціатив на рівень економічного розвитку країн Європи:

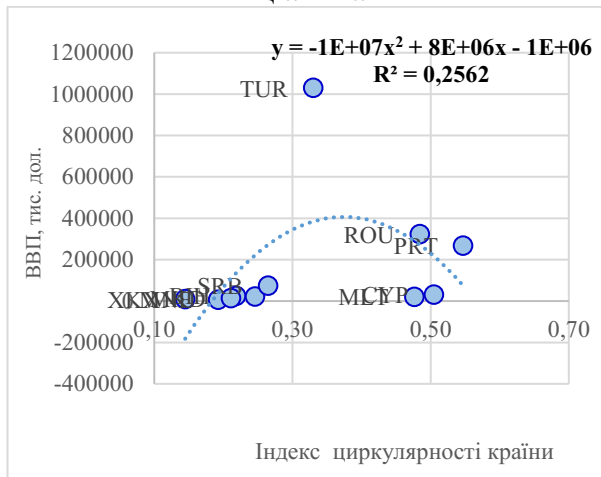
**1. Підтверджено наявність позитивного кореляційного зв'язку між рівнем економічного розвитку та інтенсивністю впровадження циркулярних практик, що підтверджує гіпотезу про позитивний вплив циркулярних моделей на макроекономічні показники.** Аналіз розподілу країн Європи за рівнем ВВП та ефективністю циркулярних ініціатив виявив чітку тенденцію до збільшення економічного розвитку зі зростанням рівня розвитку циркулярної економіки. Це підкреслює важливість циркулярних стратегій як фактора економічного зростання, проте сила цього впливу варіюється в залежності від кластерної приналежності.

**2. Диференційовано вплив циркулярних ініціатив на ВВП в залежності від кластерної приналежності країн, що дозволяє адаптувати стратегії стимулювання циркулярної економіки до специфічних умов кожного кластеру.** Аналіз розподілу країн за кластерами дозволив встановити, що:

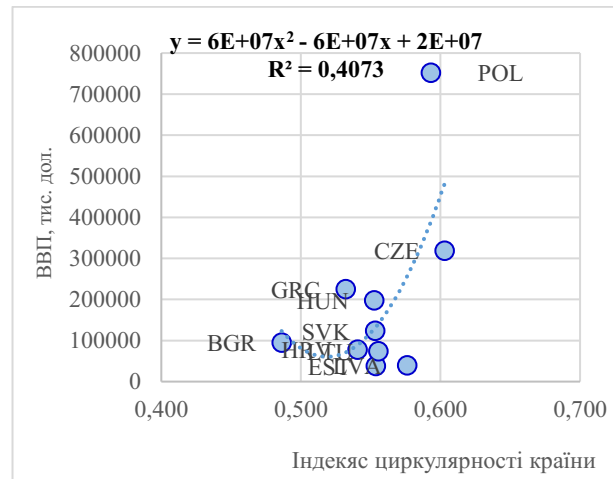
- *кластер країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами* характеризується низьким рівнем ВВП та обмеженим масштабом впровадження циркулярних практик. Для країн цього кластеру

коефіцієнт детермінації ( $R^2 = 0,2562$ ) між індексом циркулярності та ВВП є низьким, що свідчить про слабкий прямий вплив початкових циркулярних зусиль на економічний розвиток;

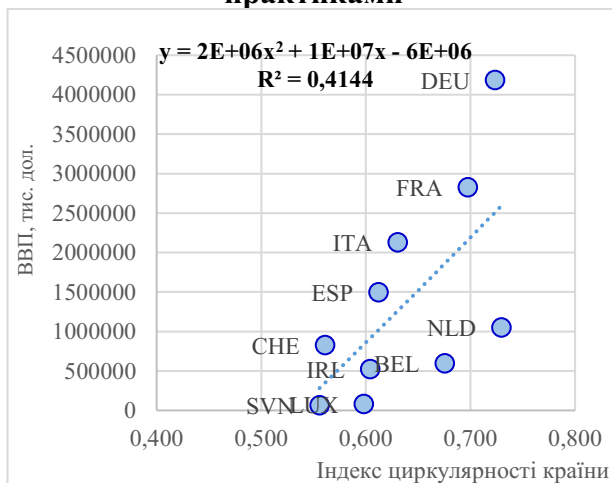
**А) країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами**



**Б) країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями**



**В) країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками**



**Г) країни-лідери з впровадження циркулярних практик**

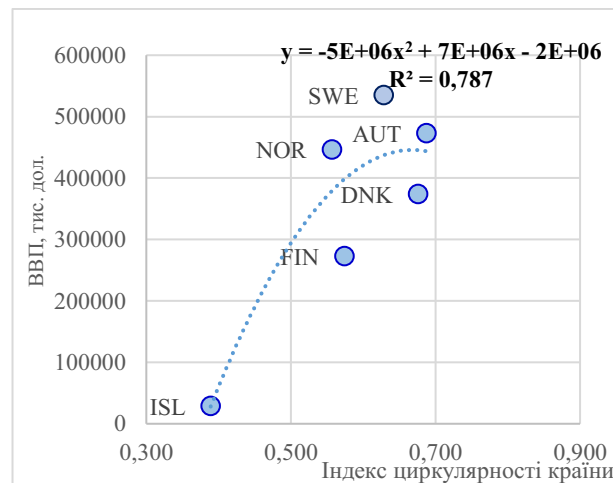


Рисунок 3.3 – Вплив рівня ефективності циркулярних ініціатив на ВВП країн Європи

Джерело: побудовано автором

• кластер країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями та кластер країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками демонструють помірний рівень ВВП та впровадження циркулярних практик.  $R^2 = 0,4073$  та  $R^2 = 0,4144$  відповідно для

цих кластерів дещо вищий, оскільки більш комплексні циркулярні рішення цих країн впливають на економічні показники, проте цей вплив ще не є визначальним;

- *кластер країни-лідери з впровадження циркулярних практик* демонструє найвищий рівень ВВП та найбільш розвинені циркулярні рішення. Високий коефіцієнт детермінації ( $R^2 = 0,7887$ ), отриманий для даного кластеру, є ключовим висновком дослідження та свідчить про значний прямий вплив ефективності впровадження циркулярних моделей на рівень економічного розвитку країни та, як наслідок, на рівень ВВП. Це означає, що для країн-лідерів циркулярність є суттєвим фактором, що визначає їх економічний успіх.

**3. Наголошено на необхідності комплексного підходу до стимулювання циркулярної економіки, що враховує специфіку кластеру та передбачає економічний розвиток, причому сила цього зв'язку ( $R^2$ ) залежить від кластерної приналежності.** Результати дослідження підкреслюють, що для успішного впровадження циркулярних стратегій та отримання максимального економічного ефекту, необхідно враховувати специфіку кожної країни (її кластерну приналежність, що сприятиме залученню інвестицій у циркулярні проекти, підтримці інновацій та масштабуванню успішних практик. Зокрема, для країн-лідерів подальший розвиток механізмів може ще більше посилити вплив циркулярності на їх економічний успіх (підвищити  $R^2$ ).

В цілому, дане дослідження підкреслює важливість цілеспрямованого стимулювання циркулярної економіки як стратегії економічного розвитку, наголошує на необхідності диференційованого підходу, враховуючи кластерні особливості країн, та пропонує використовувати коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) як кількісний індикатор ефективності циркулярних стратегій та інструмент для визначення стратегічних пріоритетів.

До моделі економічного розвитку було включені ті предиктори, що дозволили виокремити кластери та були використані для визначення комплексного рівня використання циркулярних ініціатив:

продуктивність ресурсів ( $x_1$ );

енергопродуктивність ( $x_2$ );

інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств ( $x_3$ );  
 частка персоналу, що займається НДКР ( $x_4$ );  
 рівень витрат на соціальний захист ( $x_5$ );  
 частка населення, підключеного до вторинної очистки вод ( $x_6$ );  
 рівень переробки побутових відходів ( $x_7$ );  
 індекс чистоти енергоспоживання ( $x_8$ );  
 рівень водокористування ( $x_9$ ).

Для побудови економетричних моделей рівня економічного розвитку країни були використані дані індексу циркулярності за країнами Європи та рівнем економічного розвитку (ВВП), здійсненої в п. 3.2 дисертаційної роботи (табл. 2.6 та табл. Д.1 Додатку Д).

Кореляційно-регресійний аналіз передбачає попередньо вивчення взаємозв'язків та оцінку тісноти зв'язку між факторами з метою усунення колінеарності чинників моделі. Для визначення тісноти зв'язку між визначеними індикаторами побудовано матрицю парних коефіцієнтів кореляції ВВП по предикторами циркулярності для країн кластера «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» (табл. Д.7 Додатку Д).

За даними табл. Д.7 Додатку Д видно, що між показниками  $x_2$  та  $x_6$ ;  $x_4$  та  $x_7$  існує тісний взаємозв'язок. З одержаної таблиці результатів видно, що парний коефіцієнт кореляції для цих пар показників  $r_{26} = 0,886$  та  $r_{47} = 0,753$  відповідно. Для того, щоб визначити який саме чинник потрібно видалити із аналізу побудуємо таблицю зі стандартизованими коефіцієнтами (табл. Д.8 Додатку Д). За табл. Д.8 Додатку Д видно, що  $x_2$  має  $t_2^2 = 0,578$ , а для  $x_6$  рівень коефіцієнту  $t_6^2 = -1,331$ , з моделі вилучаємо той чинник, за яким коефіцієнт  $t_6^2 \rightarrow$  , тобто у моделі залишиться «Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод». Щодо іншої пари показників  $x_4$  має  $t_4^2 = -0,099$ , а для  $x_7$  рівень коефіцієнту  $t_7^2 = 1,413$ , тому у моделі залишиться «Рівень переробки побутових відходів». Оновлена кореляційна матриця представлена в табл. Д.9 Додатку Д.

Наступним етапом кореляційно-регресійного аналізу є побудова таблиці з

рівнями значущості (табл. Д.8 Додатку Д) за рівнем  $p = \alpha$ . Чинники, за якими  $t > 0,05$ , до моделі не включаються. Отже, за країнами кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» до моделі було включено чинники  $x_3$  та  $x_5$ . Підсумкова таблиця результатів перевірки моделі на значущість чинників для кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» наведена у табл. Д.10 Додатку Д.

Оцінка прийнятності моделі ВВП країн кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» наведена в табл. Д.10 Додатку Д. За даними табл. Д.10 Додатку Д видно, що  $t = 0,047$  менший за  $0,05$ , тому побудована модель буде прийнятною. Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (табл. Д.10 Додатку Д), яку отримано, дорівнює  $0,3430$  і, відповідно, коефіцієнт детермінації –  $0,1177$ . Тобто,  $11,77\%$  дисперсії показника  $y$  (рівень економічного розвитку країни) можна пояснити за допомогою факторів, що включені до моделі.

Отже, модель рівня ВВП країн для кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» має такий вигляд:

$$y = 4866,45 x_5 + \dots \quad (3.4)$$

Висновки і розрахована стандартизована модель мультирегресії представлені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Інтерпретація параметрів кореляційно-регресійної моделі ВВП для країн кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами»

Параметри моделі	Інтерпретація результатів дослідження (за умови, що всі фактори, включені в модель, впливають, але не варіюють, тобто, залишаються на середньому рівні)
Рівень витрат на соціальний захист ( $x_5$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зростання ВВП країни на 4866,45 дол.

*Джерело:* складено автором на основі власних розрахунків

Тісноту зв'язку між ВВП та предикторами циркулярності для країн кластера «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» продіагностовано за допомогою матриці парних коефіцієнтів кореляції (табл. Д.11 Додатку Д).

За даними табл. Д.11 Додатку Д видно, що між показниками  $x_1$  та  $x_2$  існує тісний взаємозв'язок. З одержаної таблиці результатів видно, що парний коефіцієнт кореляції для цих показників  $r_{yx} = 0,789$ . Для того, щоб визначити який саме чинник потрібно залишити і включити до моделі, потрібно визначити стандартизовані коефіцієнти. Так, для  $x_1$   $\beta_1 = -0,161$ , а для  $x_2$  рівень коефіцієнту  $\beta_2 = 0,091$ , тому з моделі вилучаємо той чинник, за яким коефіцієнт  $\beta_1 < \beta_2$ , тобто у моделі залишиться «Продуктивність ресурсів».

Наступним етапом кореляційно-регресійного аналізу є побудова таблиці з рівнями значущості за рівнем p-value. Чинники, за якими  $p > 0,05$ , до моделі не залучаються. Отже, покроково перевіримо через виключення чинників з моделі, що відбудеться зі значущості за рівнем  $p < 0,05$ . Результати покрокової перевірки дозволили включити до моделі за країнами кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» такі предиктори, як: Індекс чистоти енергоспоживання ( $x_8$ ), Рівень водокористування ( $x_9$ ), Рівень переробки побутових відходів ( $x_7$ ), Продуктивність ресурсів ( $x_1$ ) та Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод ( $x_6$ ) (табл. Д.12 Додатку Д).

Оцінка прийнятності моделі рівня економічного розвитку країн кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» наведена в табл. Д.12 Додатку Д. За даними табл. Д.12 Додатку Д видно, що  $F = 0,023$  менший за 0,05, тому побудована модель буде прийнятною. Множинний коефіцієнт кореляції для моделі, яку отримано, дорівнює 0,9616 і, відповідно, коефіцієнт детермінації – 0,9248. Тобто, 92,48 % дисперсії показника  $y$  (ВВП країни) можна пояснити за допомогою предикторів моделі ВВП країн кластеру.

Отже, модель ВВП країн для кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» має такий вигляд:

$$= 501792 - 478945 x_1 - 7443 x_6 + 17947 x_7 - 10045 x_8 + 99932 x_9 + \dots, \quad (3.5)$$

Висновки і розрахована стандартизована модель мультирегресії представлені у табл. 3.5.

Для визначення тісноти зв'язку між визначеними індикаторами побудовано матрицю парних коефіцієнтів кореляції ВВП країни та предикторами циркулярних ініціатив для країн кластера «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» (табл. Д.13 Додатку Д).

Таблиця 3.5 – Інтерпретація параметрів кореляційно-регресійної моделі для країн кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями»

Параметри моделі	Інтерпретація результатів дослідження (за умови, що всі фактори, включені в модель, впливають, але не варіюють, тобто, залишаються на середньому рівні)
Продуктивність ресурсів ( $x_1$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зменшення ВВП країни на 478945 дол.
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод ( $x_6$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зменшення ВВП країни на 7443 дол.
Рівень переробки побутових відходів ( $x_7$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зростання ВВП країни на 17947 дол.
Індекс чистоти енергоспоживання ( $x_8$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зменшення ВВП країни на 10045 дол.
Рівень водокористування ( $x_9$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зростання ВВП країни на 99932 дол.

*Джерело:* складено автором на основі власних розрахунків

За даними табл. Д.13 Додатку Д видно, що між показниками  $x_2$  та  $x_5$  існує тісний взаємозв'язок з парним коефіцієнтом кореляції більшим за 0,7 ( $r = -0,739$ ). Аналогічно між показниками  $x_1$  та  $x_8$  існує тісний взаємозв'язок, парний коефіцієнт кореляції для яких  $r_{yx} = -0,880$ . Між показниками

$x_3$  та  $x_8$  також існує тісний взаємозв'язок, парний коефіцієнт кореляції між якими  $r_{yx} = 0,705$ . Для того, щоб визначити які саме чинники потрібно залишити у трьох парах, потрібно визначити стандартизовані коефіцієнти (табл. Д.14 Додаток Д).

Так, для  $x_2$   $t^2 = -0,441$ , а для  $x_5$  рівень коефіцієнту  $t^5 = 0,744$ , тому з моделі вилучаємо той чинник, за яким коефіцієнт  $\rightarrow$ , тобто у моделі залишиться «Рівень витрат на соціальний захист». Для  $x_1$   $t^1 = -0,967$ , а для  $x_8$  рівень коефіцієнту  $t^8 = 0,560$ , тому у моделі залишиться «Продуктивність ресурсів». І нарешті для останньої пари, для  $x_3$   $t^3 = -1,639$ , а для  $x_8$  рівень коефіцієнту  $t^8 = 0,560$ , тому у моделі залишиться «Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств».

Наступним етапом кореляційно-регресійного аналізу є побудова таблиці з рівнями значущості (табл. Д.14 Додатку Д) за рівнем  $\alpha$  —  $\alpha$ . За умови  $\alpha > 0,05$ , чинники не будуть включені до моделі. Отже, за країнами кластеру

«Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» до моделі було включено три чинники  $x_1$ ,  $x_3$  та  $x_5$ . Підсумкова таблиця результатів перевірки моделі на значущість чинників для кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» наведена у табл. Д.16 Додатку Д.

Оцінка прийнятності моделі рівня економічного розвитку країн кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» наведена в табл. Д.17 Додатку Д. За даними табл. Д.17 Додатку Д видно, що  $t = 0,0444$  менший за  $0,05$ , тому побудована модель буде прийнятною. Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (табл. Д.17 Додатку Д), яку отримано, дорівнює  $0,9905$  і, відповідно, коефіцієнт детермінації —  $0,9812$ . Тобто,  $98,12\%$  дисперсії показника  $Y$  (ВВП країни) можна пояснити за допомогою факторів, що включені до моделі.

Отже, модель економічного розвитку (ВВП) країн для кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» має такий вигляд:

$$= 4227676 - 787174,74 x_1 - 53017833,61 x_3 + 195390,99 x_5 + \dots, \quad (3.6)$$

Висновки і розрахована стандартизована модель мультирегресії представлені у табл. 3.6.

Тісноту зв'язку між ВВП країни та предикторами циркулярності для країн останнього кластера «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» проаналізовано за допомогою матриці парних коефіцієнтів кореляції (табл. Д.18 Додатку Д).

За даними табл. Д.18 Додатку Д видно, що показники матриці мають колінеарність, тому потрібно їх перевірити на мультиколінеарність і визначити стандартизовані коефіцієнти (табл. Д.19 Додатку Д). Отже, за результатами перевірки з використанням покрокової перевірки до моделі включений тільки Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод ( $x_6$ ). Підсумкова таблиця результатів перевірки моделі на значущість чинників для кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» наведена у табл. Д.20 Додатку Д.

Таблиця 3.6 – Інтерпретація параметрів кореляційно-регресійної моделі для країн кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

Параметри моделі	Інтерпретація результатів дослідження (за умови, що всі фактори, включені в модель, впливають, але не варіюють, тобто, залишаються на середньому рівні)
Продуктивність ресурсів ( $x_1$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зменшення ВВП країни на 787174,74 дол.
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств ( $x_3$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зменшення ВВП країни на 53017833,61 дол.
Рівень витрат на соціальний захист ( $x_5$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до збільшення ВВП країни на 195390,99 дол.

*Джерело:* складено автором на основі власних розрахунків

Оцінка прийнятності моделі ВВП країн кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» наведена в табл. Д.21 Додатку Д. За даними

табл. Д.21 Додатку Д видно, що  $t = 0,02284$  менший за  $0,05$ , тому побудована модель буде прийнятною. Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (табл. Д.20 Додатку Д), яку отримано, дорівнює  $0,8739$  і, відповідно, коефіцієнт детермінації –  $0,7637$ . Тобто,  $76,37\%$  дисперсії показника  $Y$  можна пояснити за допомогою предиктора «Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод».

Отже, модель рівня економічного розвитку країн для кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» має такий вигляд:

$$Y = 24536,30 + 4324,69 X_6 + \dots, \quad (3.7)$$

Висновки і розрахована стандартизована модель регресії представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Інтерпретація параметрів кореляційно-регресійної моделі для країн кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик»

Параметри моделі	Інтерпретація результатів дослідження (за умови, що всі фактори, включені в модель, впливають, але не варіюють, тобто, залишаються на середньому рівні)
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод ( $X_6$ )	Збільшення фактору на 1 відсотковий пункт (в.п.) призводить до зростання ВВП країни на 4324,69 дол.

*Джерело:* складено автором на основі власних розрахунків

На засадах проведеного кореляційно-регресійного аналізу, спрямованого на виявлення детермінант впливу циркулярної економіки на економічний розвиток країн, розділених на кластери за рівнем економічного розвитку та впровадження циркулярних ініціатив, отримано такі висновки.

1. Встановлено диференційований вплив циркулярних ініціатив на економічний розвиток країн залежно від їх кластерної належності. Економетричні моделі, побудовані для кожного кластера, демонструють різний набір предикторів циркулярності, що статистично значно впливають на ВВП країни. Це свідчить про контекстуальну залежність впливу циркулярної економіки, зумовлену специфікою економічної структури, інституційного середовища та рівня

технологічного розвитку кожної групи країн.

2. Визначено ключові предиктори економічного розвитку для кожної групи країн.

Для кластера «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» основним предиктором виступає рівень витрат на соціальний захист, збільшення якого позитивно корелює зі зростанням ВВП. Це вказує на важливість соціальної складової циркулярної економіки для країн з обмеженими ресурсами та необхідністю створення умов для соціальної адаптації до переходу на нові економічні моделі.

Для кластеру «Країни із середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» на економічний розвиток впливає комплекс факторів, включаючи продуктивність ресурсів (негативно), частку населення, підключеного до вторинного очищення вод (негативно), рівень переробки побутових відходів (позитивно), індекс чистоти енергоспоживання (негативно). Неоднозначний вплив цих факторів свідчить про необхідність комплексного підходу до впровадження циркулярних ініціатив у країнах із середнім рівнем розвитку, враховуючи їх взаємозв'язок та потенційні ефекти переливу.

Для кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» визначено вплив продуктивності ресурсів (негативно), інтенсивності викидів у повітря від промислових підприємств (негативно) та рівня витрат на соціальний захист (позитивно). Значний негативний вплив інтенсивності викидів підкреслює важливість екологічної складової циркулярної економіки для країн з розвинутою промисловістю та високими екологічними стандартами.

І нарешті, для кластера «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» визначальним фактором є частка населення, підключеного до вторинного очищення вод, збільшення якого позитивно корелює зі зростанням ВВП. Це підкреслює важливість інвестицій в екологічну інфраструктуру та впровадження ефективних систем управління водними ресурсами для країн, що досягли значних успіхів у впровадженні циркулярної економіки.

3. Підтверджено гіпотезу про нелінійний характер впливу циркулярної економіки на економічний розвиток. Зі збільшенням рівня економічного розвитку та впровадження циркулярних практик змінюється склад та сила впливу предикторів циркулярності на ВВП країни. Це підтверджує необхідність диференційованого підходу до формування політики циркулярної економіки з урахуванням специфіки кожної групи країн та етапів їх переходу до циркулярної моделі.

4. Виявлено потенційні сфери для удосконалення політики циркулярної економіки. Негативний вплив деяких предикторів (наприклад, продуктивності ресурсів для країн із середнім та високим рівнем розвитку) вказує на наявність неоптимальних практик впровадження циркулярних ініціатив та на необхідність посилення контролю за екологічними наслідками їх реалізації.

5. Обмеженість пояснювальної здатності моделей для окремих кластерів (особливо для країн з низьким рівнем розвитку) свідчить про необхідність врахування інших факторів, що впливають на їх економічний розвиток, зокрема, інституційних, політичних та макроекономічних.

Отримані результати підкреслюють складність взаємозв'язку між циркулярною економікою та економічним розвитком та необхідність подальших досліджень, спрямованих на вивчення механізмів впливу різних аспектів циркулярної економіки на економічний ріст, а також на розробку ефективних політик, що сприяють переходу до більш стійких та циркулярних моделей економіки.

### **3.3 Пріоритетні циркулярні стратегії для України в умовах системної кризи світового господарства**

Принципи замкнутого циклу застосовні до багатьох сфер життєдіяльності та здатні прискорити процес переходу до парадигми сталого розвитку. Недостатнє усвідомлення існуючої у світі екологічної катастрофи та її посилення при послідовному розвитку, що базується на принципах моделі лінійної економіки,

збільшує соціально-економічний розпад суспільства. Очевидною є необхідність продовження досліджень у галузі розробки теоретичних моделей безпосереднього застосування циклічних технологій та практико-орієнтованих концептів впровадження замкнених циклів у виробничі процеси підприємств в умовах сучасної індустріалізації.

Як правило, лідерами-ініціаторами впровадження ЦЕ виступають, як правило, країни безпосередньо схильні до найсильнішого впливу з боку виникаючих труднощів, що було підтверджено розрахунками індексу циркулярності країн Європи у п. 2.3 дисертаційної роботи. Ретроспектива пошуку демонструє, що пряме законодавче закріплення ЦЕ зустрічається на державному рівні вкрай рідко (рис. 3.4).



**Примітка:** \* - заплановано прийняти [15; 16]

Рисунок 3.4 – Законодавче закріплення ЦЕ у країнах Європи

*Джерело:* побудовано автором

У ряді інших країн, зазвичай з 1992 р., що зумовлене прийняттям стратегії сталого розвитку світовою спільнотою, існують різноманітні законодавчі передумови екологічного характеру, які можуть бути розцінені як позитивні індикатори динаміки у напрямі екологізації промислового розвитку [248]. У світі існує понад 500 компаній у різних країнах, що затвердили бізнес-стратегію ЦЕ та розвиваються на принципах екологічності. Широка практика застосування

«зелених» технологій та принципів екологічності як елементів впровадження ЦЕ представлена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Практика застосування моделі циркулярної економіки у діяльності країн та підприємств

Країна	Реалізовані заходи в рамках ЦЕ
1	2
Бельгія	Компанія Solvay прагне розробляти найкращі технології, що забезпечують стійку мобільність та підвищують ефективність використання ресурсів. Виробництво матеріалів та спеціальних хімікатів (понад 2000 найменувань продукції), розумна техніка та залучення робочих місць у сфері екологічних інновацій
Фінляндія	Перша країна, яка офіційно розробила Дорожню карту з переходу на принципи ЦЕ (створена електронна книга Circular Economy Playbook). Закон про охорону довкілля; особлива увага приділяється скороченню використання одноразових упаковок. Інвестиційний фонд TEKES виділив 200 млн євро на фінансування «циркулярних» проєктів. Фонд SITRA надає сприяння переходу до вуглецево-нейтральної економіки. Виробництво целюлозного біоетанолу компанією North Europea Bio Tech Oy. Компанії Ponsse та SR-Harvesting займаються скупкою непрацюючої технікою для отримання корисних деталей. Аналогічні дії, але у своїх сферах реалізують компанії Swappie (телефони), Taitonetti (комп'ютерна та оргтехніка), 3 StepIt (офісне обладнання). Грантове фінансування проєктів у галузі ЦЕ
Нідерланди	Мета – стати лідером серед країн щодо впровадження принципів ЦЕ, що реалізується кампанією Netherlands a Circular Hotspot. Розвиває R-принципи через інноваційні підходи до матеріалів та бізнес-моделей. Активну роботу здійснює Нідерландська агенція підприємництва. Функціонує он-лайн платформа з кадастру матеріалів у сфері нерухомості Madaster. Діяльність DSMNiaga з виробництва килимів із 90% ефективністю вторинної переробки. Royal DSM займаються розробками у сфері здоров'я та харчування та створили технологію целюлозного біоетанолу. Компанія Philips активно рухає концепт принципу послуги як товару, просуває програму Circular Lighting з висвітлення. VMA Ergonomics - виробництво офісних стільців, придатних для переробки. Послуга без шкідників пестицидної компанії Koppert. Виробництво смартфонів із тривалим життєвим циклом та самозамінними деталями компанії «Fairphone». Стартап Bundles з оренди пральних машин. VDL Group та DAF випустили перший електричний поїзд та електроавтобус. Reblend переробляє відходи текстилю на нову тканину. Інноваційна модель розвитку міст з переходу на економіку замкнутого циклу, наприклад, еко-квартал «Парк-2020»

## Продовження таблиці 3.8

1	2
Великобританія	Діяльність Unilever як одного з перших представників кругової моделі економіки. Країна-лідер з «циркулярних» інвестицій. Запущено національну програму Інвестиційного фонду циркулярної економіки. Здійснює роботу приватна інвестиційна компанія Circularity Capital. Національна програма промислового симбіозу, представлена проектом International Synergies. Реалізація замкнутого циклу переробки харчових пластмас інноваційною компанією Advanced Sustainable Developments. Урядова програма зі стимулювання маловідходних виробництв Waste and Resources Action Program. Фонд Earth Angel Invertors здійснює діяльність у напрямку зелених та циркулярних проєктів. Розроблено стандарт BS 80101:2017 як посібник із впровадження практик ресурсозбереження
Шотландія	Високий рівень екологічної освіти населення, що сприяє вторинному використанню продуктів у рядовій побутовій діяльності, наприклад Шотландський університет ремануфактурингу (SIR). відновлюваних джерел енергії (компанія Edinburgh Remakery). Перша країна, що вступила в союз CircularEconomy 100 (CE 100) для просування інновацій
Франція	Впровадження принципів замкнутих циклів на заводі Renault (автомобілебудування), створено спеціалізований підрозділ Renault Environmental, Roll-GOM (переробка відходів шин), LeRelais (звукоізоляція), Baudelet (очищення стоків), Eqsphere (стік безкоштовних залишків товарів), Ouatba (переробка вітрил), Alstom та HealthHub (автомобілебудування), Michelin (виробництво шин). У країні видають «екологічні кредити» для приватних господарств, які доклали зусиль і зробили житло більш енергоефективним. Посідає друге місце у світі за кількістю патентів у галузі ЦЕ
Німеччина	Просування стандарту EMAS та його реалізація у виробничих процесах за допомогою матеріальних потоків забезпечили країні світове лідерство у секторі промислового виробництва. Компанія Veolia працює за принципом bottle to bottle: відходи різного виду пляшок стають новими товарами. Країна-лідер з «циркулярних» інвестицій та кількості патентів у даній галузі
Данія	Обмін побічними продуктами серед компаній, переробка невикористаної біомаси на добрива, цикли компаній Novo Nordisk, Novozymes, DONGEnergy, Statoil. Унікальний приклад промислового симбіозу – Калуннборг – повністю замкнута система використовуваних ресурсів
Туреччина	Реалізується інвестиційна програма під керівництвом EBRD, що включає комплекс заходів у сферах агробізнесу, муніципального управління та промисловості з мінімізації відходів та підвищення ефективності використання ресурсів
Норвегія	Промисловий симбіоз: кластер Ейде регіону Агдер
Чехія	Найменша кількість харчових відходів серед країн ЄС
Швеція	Діяльність ІКЕА

*Джерело:* складено авторами на підставі джерел [225-228; 248]

Впровадження циркулярної економіки (ЦЕ) та реалізація R-імперативів супроводжуються виникненням різноманітних ризиків, що є неминучим явищем

та обумовленим диференційованим рівнем соціально-економічного розвитку країн світу, що було підтверджено емпіричними дослідженнями, проведеними у п. 2.3 дисертаційної роботи. З метою ефективного вирішення потенційних конфліктних ситуацій пропонується диференційований підхід до розподілу відповідальності: розвинені країни мають відігравати домінуючу роль у розробці та впровадженні циркулярних систем, тоді як країни, що розвиваються, повинні адаптувати існуючі стратегії та підходи до вирішення актуальних викликів, інтегруючи при цьому принципи циркулярної економіки.

З точки зору системного аналізу, ЦЕ представляє собою комплексну модель, що забезпечує множинні результати для індустріальних систем, інтегруючи управління ресурсами, людським та соціальним капіталом. Вона спрямована на оптимізацію індустріальних систем шляхом формування нової парадигми економічної діяльності, яка охоплює виробництво, дистрибуцію та споживання, а також закладає новий тип взаємодії між природою та суспільством, орієнтований на відновлення та примноження ресурсів. Крім того, ЦЕ сприяє розробці та впровадженню методичного інструментарію для ефективного управління ресурсами певних країн, у тому числі і України.

Україна, класифікована ООН як країна з перехідною економікою, що має середній рівень доходу, наразі знаходиться у стані повномасштабного військового конфлікту. Ця екзистенційна криза спричинила глибокі структурні дисбаланси в національній економіці, що проявляються у значному спаді рівня зайнятості в різноманітних галузях. Тривалий збройний конфлікт має руйнівні наслідки для цивільного населення, порушуючи його соціально-економічне благополуччя та призводячи до значного психологічного травматизму. Додатковим чинником, що посилює кризову ситуацію, є безпрецедентний рівень екологічних деградацій, спричинених бойовими діями.

Сукупний вплив зазначених детермінант диктує нагальну потребу в розробці та імплементації всеосяжних стратегій відновлення. Ці стратегії мають не лише спрямовуватися на подолання негативних наслідків війни, але й на трансформацію попередньої, значною мірою неефективної, довоєнної

економічної моделі України, яка характеризувалася домінуванням лінійних процесів та критичною залежністю від викопних енергетичних ресурсів.

Концепція ЦЕ в Україні отримала імпульс від європейських ініціатив, зокрема Європейського зеленого курсу. Незважаючи на прогрес у законодавчій базі, що демонструє прагнення до гармонізації зі стандартами ЄС, включаючи прийняття Закону України «Про управління відходами» у червні 2022 р. [260], залишаються суттєві перешкоди на шляху до ефективного впровадження циркулярних принципів. У будівельному секторі спостерігаються певні регуляторні зрушення, проте відсутність комплексної національної стратегії циркулярної економіки обмежує прогрес. Крім того, наявність неточних даних, низький рівень перероблення відходів та значна частка матеріалів, що потрапляють на полігони, свідчать про хронічну неефективність інфраструктури поводження з відходами.

Нераціональне використання матеріальних ресурсів, що охоплює різноманітні сектори, зумовлене застарілою інфраструктурою та недостатнім рівнем інвестицій, що суттєво ускладнює перехід до циркулярності. Попри зусилля, спрямовані на стимулювання циркулярних бізнес-практик, як-от ініціативи Центру ресурсоефективного та чистого виробництва, доступ до фінансування залишається ключовим бар'єром, особливо для малих та середніх підприємств (МСП). Ефективне подолання цих викликів та прискорення впровадження сталих економічних практик в Україні потребує консолідованої системи управління, покращення фінансових механізмів та підвищення рівня обізнаності громадськості та бізнес-спільноти щодо принципів циркулярної економіки.

Попри зростаючу увагу на політичному рівні, яка спостерігається в Україні щодо розвитку циркулярної економіки протягом останніх років, її становлення наразі перебуває на початкових стадіях реалізації.

Визначення та обґрунтування пріоритетних секторів для імплементації політик ЦЕ, що мають на меті сприяти економічному відновленню та розвитку України, є головним фокусом сучасних наукових досліджень. Circle Economy,

субпідрядник Організації Об'єднаних Націй з промислового розвитку (*ЮНІДО*, англ. *United Nations Industrial Development Organization – UNIDO*), запропонувала методологічний підхід, що базується на емпіричному аналізі з визначення пріоритетних секторів економіки задля першочергового впровадження та реалізації циркулярних практик [261].

Представлена методологія пропонує науково обґрунтований підхід до ідентифікації галузевих пріоритетів у контексті трансформації національної економіки України до циркулярних ініціатив. Вона базується на фундаменті стандартної економічної теорії та передбачає використання апробованих показників, рекомендованих провідними міжнародними інституціями, такими як Організація економічного співробітництва та розвитку [53] та Світовий банк [43]. Зокрема, спираючись на структуру Аналізу розвитку міста [101; 261], розроблену Circle Economy, дана методологія дозволяє здійснити порівняльний аналіз економічної діяльності за низкою ключових індикаторів.

Зважаючи на те, що дане дослідження має на меті аналіз розвитку ЦЕ в умовах воєнного стану, методологія була доповнена специфічними індикаторами. Це дозволило глибше контекстуалізувати галузеві пріоритети та акцентувати увагу на аспектах сталого розвитку, що є критично важливими в умовах кризи. В результаті було сформовано три комплексні індикатори, що відображають взаємозв'язок між галузевим розвитком, впровадженням принципів ЦЕ та забезпеченням стійкості (рис. 3.5).

Дослідження взаємодії галузевого розвитку, принципів ЦЕ та концепції стійкості має вирішальне значення для виявлення пріоритетних секторів економіки, здатних забезпечувати довгострокові економічні та екологічні переваги.

*Галузевий розвиток* (ГР) відіграє ключову роль у стимулюванні економічного зростання та створення зайнятості населення, однак, його реалізація повинна враховувати принципи сталого розвитку та раціонального використання ресурсів.

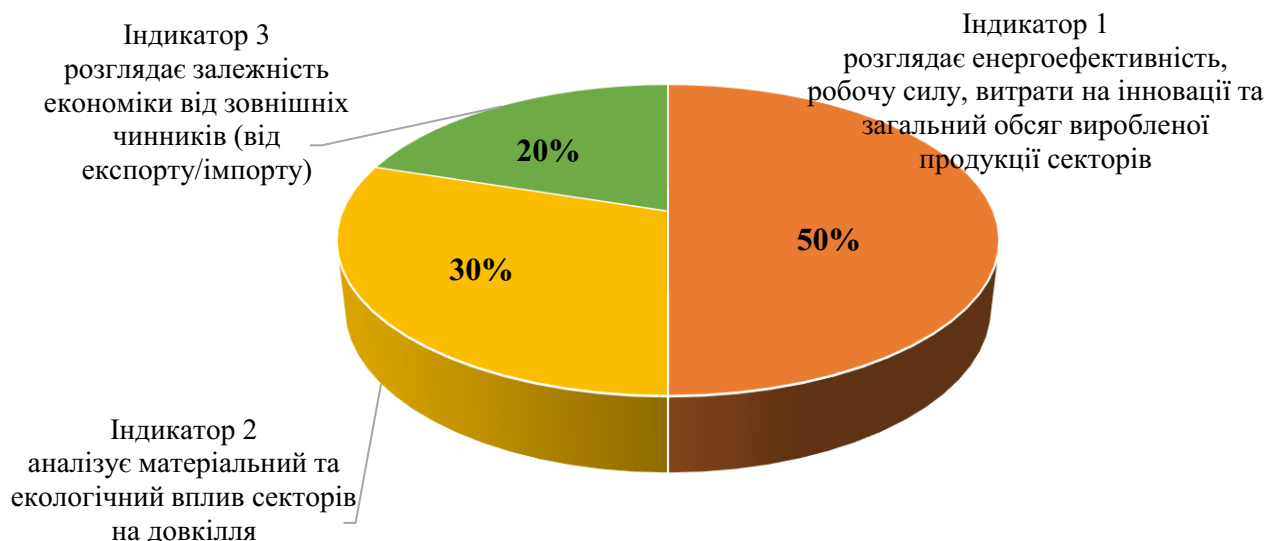


Рисунок 3.5 – Методологічний підхід до вибору пріоритетних секторів в Україні: потрійний зв'язок (галузевий розвиток, циркулярна економіка та стійкість)

Джерело: [55; 261 с. 22]

Інтеграція принципів *циркулярної економіки* (ЦЕ) передбачає пріоритетність скорочення споживання, повторного використання матеріалів та їх переробки (у вигляді готової продукції, її компонентів та сировини), сприяючи мінімізації відходів та негативного впливу на навколишнє середовище у виробничих процесах.

*Стійкість* (С) розглядається як критичний фактор адаптації до зовнішніх шоків та факторів невизначеності, зокрема, до перебоїв у ланцюгах постачання або економічних криз.

Комплексний аналіз цих трьох аспектів надає можливість державним органам України визначати пріоритетні сектори економіки, що не лише сприятимуть економічному розвитку, але й гарантуватимуть екологічну стійкість та стійкість до негативних економічних факторів.

Застосування такого інтегрального підходу враховує взаємозалежність економічних, екологічних та соціальних аспектів, сприяючи створенню стійкої

промислової екосистеми, що задовольняє потреби сучасного суспільства, не обмежуючи при цьому можливості майбутніх поколінь.

Такий холістичний методологічний підхід ґрунтується на визнанні взаємозалежності економічних, екологічних та соціальних детермінант. Він спрямований на формування стійкої промислової екосистеми, яка задовольняє сучасні потреби суспільства, одночасно забезпечуючи неспричинення шкоди спроможності майбутніх поколінь задовольняти власні потреби.

Визначення пріоритетів є критично важливим для ефективного розподілу ресурсів та формування цілеспрямованих політик, особливо в умовах економічного відновлення та трансформації.

Агреговані результати ідентифікації та ранжуванню секторів української економіки за їхнім потенціалом та необхідністю впровадження принципів ЦЕ представлені у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати моніторингу секторів економіки України за трьома індикаторами (галузевий розвиток, циркулярна економіка та стійкість)

Сектори	Класифікатор	Галузевий розвиток	Стійкість	Циркулярна економіка	Підсумковий результат
Сільське господарство, лісове господарство та рибальство	A	25%	1%	23%	48%
Гірництво і видобування корисних копалин	B	4%	3%	8%	16%
Виробництво	C	44%	14%	6%	63%
Постачання електроенергії, природного газу, тепла, пари та кондиціонованого повітря	D	17%	6%	1%	24%
Водопостачання; системи каналізації; управління відходами та заходи щодо відновлення довкілля	E	1%	6%	1%	24%
Будівництво	F	11%	8%	4%	23%
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт авто	G	19%	9%	0%	28%
Транспорт і складське господарство	H	14%	7%	0%	21%
Тимчасове розміщення та громадське харчування	I	2%	20%	0%	22%
Інформація та зв'язок	J	2%	6%	0%	8%
Фінансова діяльність та страхування	K	4%	9%	0%	12%
Операції з нерухомим майном	L	2%	9%	0%	11%

Продовження таблиці 3.9

Професійна, наукова і технічна діяльність	M	4%	9%	0%	13%
Діяльність у галузі адміністративних і допоміжних послуг	N	3%	9%	0%	12%
Державне управління та оборона; обов'язкове соціальне забезпечення	O	5%	14%	0%	19%
Освіта	P	10%	7%	1%	18%
Діяльність у сфері охорони здоров'я і соціальних послуг	Q	8%	5%	1%	14%
Мистецтво, розважальна галузь і відпочинок	R_S	3%	5%	1%	9%

**Примітка:** зазначені відсоткові показники відображають порядковий рейтинг сектору, а не його абсолютну частку чи пропорцію; оцінки, що становлять 0%, не свідчать про повну відсутність потенціалу для розвитку ЦЕ (вказують на низький рівень поточних показників, або ж на обмеженість чи відсутність достовірних даних )

*Джерело:* [261, с. 23]

За даними таблиці 3.9 видно, що першочерговим пріоритетом за потенціалом та необхідністю впровадження принципів ЦЕ є промисловий сектор, зокрема харчова промисловість, електротехнічна, машинобудування та металообробка.

Обґрунтування вибору промислового сектору як стратегічного драйвера циркулярності української економіки базується на наступних науково-практичних міркуваннях:

**1. Промислові виробництва в Україні характеризуються високими матеріало- та ресурсомісткістю.** Ці галузі промисловості характеризуються значним споживанням сировини, енергії та води, а також генерують обсяги відходів, що мають значний потенціал для вторинної переробки та рециклінгу.

**2. Промисловий сектор є осередком технологічного розвитку та впровадження інновацій.** Застосування циркулярних бізнес-моделей (наприклад, дизайн для розбирання, промисловий симбіоз, використання вторинної сировини) стимулює конкурентоспроможність та відкриває нові ринки.

**3. Трансформація промисловості в бік циркулярності матиме мультиплікативний ефект** для всієї економіки, створюючи нові ланцюги доданої вартості та зменшуючи залежність від первинних ресурсів.

**4. Специфічна пріоритетність харчової промисловості** зумовлена значним утворенням органічних відходів (включно з харчовими відходами), які можуть бути перероблені на біоенергію, компост, або використані для виробництва цінних біопродуктів.

Сільське, лісове господарство та рибальство визначено як другим пріоритетним напрямком впровадження циркулярних ініціатив (табл. 3.9), що пояснюється наступним:

**1. Відновлюваність ресурсів**, бо принципи ЦЕ органічно співзвучні з біологічними циклами, що домінують в аграрному секторі. Акцент на відновлювальних практиках, біорегенерації та екосистемних послугах є ключовим.

**2. Потенціал біоекономіки** – переробка сільськогосподарських відходів, біомаси, відходів лісозаготівлі та рибного промислу може стимулювати розвиток біоенергетики, біоматеріалів та біохімічної промисловості.

**3. Зменшення екологічного сліду** через впровадження циркулярних практик у сільському господарстві (наприклад, екосистемне землеробство, точне землеробство, ефективне використання води та добрив), що сприяє зменшенню забруднення довкілля та збереженню біорізноманіття.

За даними табл. 3.9 виявлено групу секторів, які мають зіставний сукупний рейтинг, але демонструють значну диференціацію за окремими ключовими індикаторами (галузевий розвиток, ЦЕ, стійкість).

До цієї групи належать:

• **сектор водопостачання, каналізації та поводження з відходами** характеризується як високим потенціалом для циркулярності (рециклінг води, енергії з відходів, відновлення матеріалів), так і значними викликами, пов'язаними з неефективністю систем та інфраструктури;

• **оптова та роздрібна торгівля** – хоча безпосередньо не виробляє, але впливає на формування споживчих звичок, управління ланцюгами постачання та логістику, що є ключовим для циркулярних моделей (наприклад, система повернення та повторного використання упаковки, ремонт та відновлення);

- **транспорт і складське господарство** відіграє важливу роль у оптимізації логістики, зменшенні викидів, розвитку багаторазових систем доставки та ефективному використанні складських площ;

- **тимчасове розміщення та громадське харчування** – сегмент, де значні обсяги відходів (харчових, упаковочних) можуть бути трансформовані за принципами циркулярності.

Незважаючи на те, що будівельний сектор міг би потрапити до групи секторів зі схожим загальним рейтингом, він був визначений як **третій пріоритетний напрямок** для впровадження циркулярних моделей, обґрунтовано такими факторами:

- **екзистенційні виклики воєнного часу** – війна спричинила безпрецедентні руйнування, що призвело до утворення колосальних обсягів **відходів руйнування**. Ці відходи становлять значний екологічний та економічний виклик, але водночас і величезний потенціал для використання у якості вторинної сировини в будівельній галузі;

- **фундаментальна роль у відновленні** – будівельний сектор є ключовим для будь-якого процесу відновлення. Запровадження циркулярних принципів на цьому етапі (використання перероблених матеріалів, дизайн для розбирання, енергоефективні технології, збереження існуючих будівель) дозволяє не просто відбудувати, а трансформувати інфраструктуру на засадах стійкості;

- **будівельна галузь є однією з найбільш матеріаломістких**. Застосування циркулярних підходів може суттєво зменшити потребу у видобутку первинних ресурсів та знизити вуглецевий слід;

- рішення, прийняті на етапі відновлення, матимуть довгостроковий вплив на сталість та циркулярність економіки країни.

Отже, ієрархічне ранжування секторів, що враховує як потенціал для циркулярності, так і нагальні потреби (особливо в контексті війни), є основою для розробки ефективної стратегії впровадження ЦЕ в Україні. Промисловий сектор, аграрний сектор та будівельний сектор виділені як ключові напрямки для першочергових дій, з урахуванням специфіки викликів та можливостей кожного з

них.

Незважаючи на спроби України моніторити прогрес у досягненні Цілей сталого розвитку за допомогою Відкритої платформи ЦСР, імплементація цього інструменту стикається з серйозними методологічними викликами, зокрема, пов'язаними з актуальністю та повнотою наявних даних.

Національна статистична система України, незважаючи на її широке охоплення предметних галузей, характеризується певними методологічними обмеженнями. Особливо вираженими ці обмеження є у сферах, що мають критичне значення для сталого розвитку, зокрема: ініціативи з розвитку циркулярної економіки, стимулювання розвитку зеленої промисловості та забезпечення сталості публічних закупівель (СПЗ).

Для подолання цих методологічних прогалин та надання комплексного аналізу сталого розвитку, було розроблено систему показників, що включає два рівня індикаторів: загальноекономічні та галузеві. Цільові показники сформовані на основі європейських директив та/або глобальних екологічних нормативів, що визначають безпечні рівні впливу на довкілля. Частина цільових показників узгоджується з даними, представленими у Початковому звіті Представництва ЄС (2023 р.), зокрема, стосовно показників використання матеріалів та енергоефективності.

Для всебічної оцінки прогресу України у впровадженні принципів ЦЕ, необхідно застосовувати комплексний підхід, що охоплює різноманітні загальноекономічні показники (табл. 3.10). Ці показники дозволяють не лише відстежувати динаміку трансформаційних процесів, але й ідентифікувати ключові виклики та можливості.

Галузеві показники слугують інструментом для моніторингу рівня циркулярності та, в ширшому контексті, сталості функціонування ключових секторів економіки України. Оцінка здійснюється на основі попередньо визначених базових результатів, що дозволяє відстежувати динаміку трансформаційних процесів. Цей аналіз охоплює не лише промисловий сектор, але й сільськогосподарську та будівельну галузі, що є критично важливим для

формування цілісної картини сталого розвитку.

Таблиця 3.10 – Загальноекономічні показники ЦЕ в Україні

Рівень	Показники	Одиниці вимірювання	Базовий показник	Ціль до 2030 р.
Загальноекономічний	Споживання матеріальних ресурсів	тонна на душу населення	11,2	8 (глобальна)
Загальноекономічний	Матеріальна ефективність	євро на кг	0,26	3 (ЄС)
Загальноекономічний	Коефіцієнт циркулярного використання матеріалів	%	невизначений	16 (ЄС)
Загальноекономічний	Частка відновлюваної енергії	%	5	45 (ЄС)
Загальноекономічний	Викиди парникових газів на душу населення	кг CO <sub>2</sub> -екв. на душу населення	5,5	2,5 (глобальна)
Загальноекономічний	Ефективність CO <sub>2</sub>	кг CO <sub>2</sub> -екв. на дол. США	2,1	0,9 (глобальна)
Загальноекономічний	% відходів, що потрапляють на полігони	%	90	10 (ЄС)

Джерело: [261 с. 38]

Зокрема, моніторинг галузевих показників дозволяє:

- виявляти специфічні виклики та можливості в рамках кожного сектору, пов'язані з впровадженням принципів циркулярної економіки (скорочення відходів, повторне використання, переробка, оптимізація використання ресурсів);
- оцінювати ефективність реалізації політик та стратегій, спрямованих на підвищення екологічної безпеки та ресурсоефективності в окремих галузях;
- порівнювати показники в межах одного сектору з метою ідентифікації передових практик та розробки рекомендацій для інших суб'єктів господарювання;
- формувати основу для розробки галузевих дорожніх карт з розвитку циркулярної економіки, що враховують специфіку кожного сектору.

Такий підхід забезпечує більш точне розуміння стану циркулярності в Україні на мікрорівні, дозволяючи здійснювати адресні заходи для стимулювання сталого розвитку.

Індикатори, що використовуються для оцінки циркулярності та сталого розвитку виробничого сектору, були отримані з таких стратегічних документів та нормативно-правових актів:

- Стратегія Європейського Союзу «Від ферми до виделки» (*англ. Farm to Fork Strategy*) [158], яка визначає цілі та заходи для забезпечення сталого виробництва та споживання продовольства;
- Стратегія Європейського Союзу зі сталого та циркулярного текстилю [148], що окреслює підходи до зменшення впливу текстильної промисловості на навколишнє середовище та сприяння переходу до циркулярної моделі;
- Європейський кліматичний закон [121], який встановлює довгострокові цілі ЄС щодо скорочення викидів парникових газів та досягнення кліматичної нейтральності;
- Цілі Європейського Союзу до 2030 року [262], що визначають конкретні показники та завдання у сфері екологічної політики, включаючи енергоефективність, відновлювальні джерела енергії та управління відходами.

Такий комплексний підхід до збору даних забезпечує всебічний аналіз та дозволяє враховувати як глобальні, так і регіональні тенденції у сфері циркулярної економіки.

Перелік галузевих індикаторів наведений у табл. 3.11.

Аналіз загальноекономічних та галузевих індикаторів ЦЕ для України (таблиці 3.10 та 3.11) демонструє, з одного боку, наявність базового потенціалу для переходу до ЦЕ, а з іншого – значне відставання від європейських та глобальних цільових показників. Зокрема, низький коефіцієнт циркулярного використання матеріалів, висока частка відходів, що потрапляють на полігони, та недостатнє використання відновлюваної енергії вказують на необхідність кардинальних змін у підходах до управління ресурсами та виробничими процесами.

У сільському господарстві, промисловості та будівництві спостерігається значний потенціал для скорочення викидів парникових газів, оптимізації використання матеріалів та зниження утворення відходів. Досягнення

поставлених цілей потребує активного впровадження інноваційних технологій, переходу до більш сталих методів виробництва та споживання, а також стимулювання розвитку ринків вторинної сировини та переробленої продукції.

Таблиця 3.11 – Галузеві показники ЦЕ для України

Рівень	Показники	Одиниці вимірювання	Базовий показник	Ціль до 2030 р.
Сільське господарство	Викиди парникових газів	млн тонн CO <sub>2</sub> -екв	21,8	-55 % (ЄС)
Сільське господарство	Земля для органічного землеробства	%	1 %	25 % (ЄС)
Сільське господарство	Використання мінеральних добрив	кг/гектар площі землі	78,5	-10 % (ЄС)
Виробництво (недорогоцінні метали)	Викиди парникових газів	млн тонн CO <sub>2</sub> -екв	0,76	-55 % (ЄС)
Виробництво (харчові продукти та напої)	Утворення відходів	тонн	4 159	-10 % (ЄС)
Виробництво (текстиль)	Коефіцієнт циркулярного використання матеріалів	%	1,23 %	22 % (ЄС)
Виробництво (пластикові вироби)	Зменшення обсягів відходів пластикового пакування	%	-	-5 % (ЄС)
Виробництво (пластикові вироби)	Перероблення відходів пластикового пакування	%	-	-40 % (ЄС)
Виробництво (електронні прилади)	Відновлення відходів ВЕЕО	%	-	-75 % (ЄС)
Будівництво	Викиди парникових газів	млн тонн CO <sub>2</sub> -екв	11,3	-55 % (ЄС)
Будівництво	Відновлення будівельних відходів і відходів руйнування	%	-	-70 % (ЄС)

Джерело: [261 с. 40]

Враховуючи обмеженість природних ресурсів, зростання екологічних ризиків та необхідність адаптації до кліматичних змін, впровадження циркулярних стратегій є не лише питанням екологічної відповідальності, але й ключовим фактором забезпечення економічної конкурентоспроможності та національної безпеки України.

Для активізації переходу до циркулярної економіки в Україні необхідне комплексне впровадження чотирьох укрупнених циркулярних стратегій, кожна з яких характеризується специфічними цілями, механізмами реалізації та інструментарієм, що має бути адаптований до особливостей національної економіки та перспективних галузей (табл. 3.12).

Трансформація економічної системи України в напрямку циркулярності потребує впровадження комплексу взаємопов'язаних стратегій, спрямованих на переосмислення процесів виробництва та споживання, мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення сталого економічного розвитку.

Розглянемо більш детально сутність кожної з визначених у табл. 3.12 стратегій.

**1. Стратегія пріоритетності ресурсного відновлення (англ. *Renewable Resources Prioritization Strategy*)** є наріжним каменем переходу України до циркулярної економіки. Її сутність полягає у максимізації використання відновлюваних матеріалів (біомаса, деревина, нетоксичні будівельні матеріали) та енергетичних джерел (сонячна, вітрова, біогаз), з поступовим витісненням викопного палива та вичерпних ресурсів. Обґрунтованість цієї стратегії зумовлена стратегічною необхідністю забезпечення енергетичної незалежності України, мінімізації екологічного навантаження на довкілля та стимулювання сталого економічного розвитку.

Ключовими особливостями стратегії є: акцент на зменшенні імпортозалежності, підтримка місцевих виробників екологічно чистої продукції та стимулювання формування відповідних ринків.

Реалізація стратегії передбачає комплексний підхід, що поєднує в собі: запровадження механізмів державної підтримки виробництва та використання відновлюваної енергії (зелені тарифи, пільгове кредитування), стимулювання органічного землеробства (субсидії, сертифікація), розробку та впровадження технічних регламентів та стандартів на екологічно безпечні матеріали та активну підтримку науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) у сфері відновлюваних ресурсів та енергії.

Таблиця 3.12 – Циркулярні стратегії для України

Стратегії	Характеристика	Особливості	Цільові показники (до 2030 р.)	Інструменти реалізації	Пріоритетні галузі
<b>1. Стратегія пріоритетності відновлюваних ресурсів</b> (Renewable resources) prioritization strategy	Максимізація використання відновлюваних матеріалів та енергії на противагу викопним джерелам та небезпечним речовинам	Фокус на зменшенні залежності від імпорту, підтримці місцевих виробників, створенні нових ринків екологічно чистої продукції та енергії	45% ВДЕ в енергобалансі; 25% земель під органічне землеробство; +20% місцевих будматеріалів	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зелені тарифи;</li> <li>- пільгове кредитування;</li> <li>- субсидії;</li> <li>- сертифікація;</li> <li>- технічні регламенти;</li> <li>- підтримка НДДКР</li> </ul>	сільське господарство; енергетика; будівництво
<b>2. Стратегія подовження життєвого циклу товарів</b> (Product lifecycle extension strategy)	Підтримка повторного використання, ремонту, переробки, подовження терміну служби	Створення екосистеми ремонту та обслуговування, стимулювання відповідального споживання, підтримка збагачення та захисту ґрунтів	22% коефіцієнт циркулярного використання (текстиль); -10% мінеральні добрива; 75% переробка ВЕЕО	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зниження податків на ремонт;</li> <li>- підтримка підприємництва;</li> <li>- обов'язкові вимоги до виробників системи РВВ;</li> <li>- підтримка виробництва добрив</li> </ul>	текстильна промисловість; виробництво електроніки; сільське та лісове господарство
<b>3. Стратегія ревалоризації</b> (Revalorization strategy)	Перетворення відходів у ресурси та енергію, закриті та відкриті цикли.	Ефективні системи збору, сортування та переробки, технології виробництва енергії з відходів.	10% відходів на полігони; -10% харчові відходи; 40% переробка пластикового пакування	<ul style="list-style-type: none"> <li>- роздільний збір;</li> <li>- сміттепереробні заводи;</li> <li>- стимулювання використання перероблених матеріалів;</li> <li>- заборона захоронення перероблених відходів</li> </ul>	виробництво; будівництво; гірничодобувна промисловість
<b>4. Стратегія відтворення екосистем</b> (Ecosystem restoration strategy)	Створення сприятливих умов для ЦЕ, регуляторне середовище, інновації, обізнаність	Розвиток циркулярного бізнесу, екологічна сподомість споживачів, міжгалузєва співпраця	циркулярні критерії у держзакупівлях; тренінги з ЦЕ для держслужбовців та працівників; онлайн-платформи для моніторингу	<ul style="list-style-type: none"> <li>- законодавство;</li> <li>- підтримка інновацій;</li> <li>- інформаційні кампанії;</li> <li>- освітні програми;</li> <li>- онлайн-платформи</li> </ul>	усі сектори економіки

Джерело: складено автором згідно з [261]

В рамках стратегії визначено такі цільові показники до 2030 р:

- збільшення частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі до 45% (від базових 5%).
- збільшення площі земель, відведених під органічне землеробство, до 25% (від базового 1%).
- збільшення використання місцевих будівельних матеріалів (деревина, жито, коноплі) у будівельному секторі на 20%.

Пріоритетними галузями для впровадження стратегії визначено: сільське господарство, енергетика та будівельна галузь, враховуючи їхній значний потенціал у сфері використання відновлюваних ресурсів та їхній вплив на економіку та навколишнє середовище.

**2. Стратегія подовження життєвого циклу товарів (англ. *Product lifecycle extension strategy*)** зосереджується на подовженні терміну служби товарів, забезпечуючи підтримку повторного використання, ремонту та переробки.

Ключовим елементом стратегії можна назвати формування розгалуженої екосистеми ремонту та обслуговування, що забезпечує споживачам доступ до якісних послуг з підтримки та відновлення функціональності продукції. Важливим аспектом є також стимулювання відповідального споживання, що передбачає підвищення обізнаності населення про переваги придбання довговічних, ремонтпридатних та екологічно чистих товарів.

Ефективність реалізації стратегії базується на комплексному застосуванні інструментів державної політики, таких як: стимулювання розвитку ринку послуг з ремонту та модернізації (зниження податків, спрощення регулювання), впровадження систем розширеної відповідальності виробника (РВВ) для стимулювання збору та переробки відходів, підтримка органічного виробництва добрив та використання компосту, а також популяризація екологічного землеробства та сталого лісокористування.

В рамках стратегії визначено такі цільові показники до 2030 р:

- збільшення коефіцієнту циркулярного використання матеріалів у

виробництві (наприклад, до 22% для текстилю);

- зменшення обсягів використання мінеральних добрив у сільському господарстві (наприклад, на 10%);
- забезпечення належної переробки відходів електронного обладнання (наприклад, 75%),

Це вимагає пріоритетного зосередження зусиль на галузях, що мають значний потенціал для впровадження інноваційних підходів, які забезпечують ефективне використання ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, таких як текстильна промисловість, виробництво електроніки, сільське та лісове господарство.

**3. Стратегія ревалоризації (англ. Revalorization strategy),** що визначає ключові напрями ефективного повторного використання матеріалів та енергії, отриманих з відходів, як у замкнутих, так і відкритих циклах. На відміну від традиційного підходу до управління відходами, який зводиться до їх захоронення, ревалоризація передбачає інтегрований підхід, спрямований на максимальне вилучення цінних компонентів з відхідних потоків та їх повернення в економічний обіг.

Обґрунтованість цієї стратегії зумовлена необхідністю створення ефективних систем збору, сортування та переробки відходів, а також у впровадженні сучасних технологій виробництва енергії з відходів.

Реалізація стратегії вимагає узгоджених дій з боку органів державної влади, підприємств та громадськості, спрямованих на формування культури відповідального поводження з відходами та стимулювання використання перероблених матеріалів у виробництві.

Ключовими особливостями стратегії є акцент на створенні економічно вигідних та екологічно безпечних технологій переробки відходів, а також на формуванні ринків вторинної сировини, які забезпечують стабільний попит на перероблені матеріали. Важливим елементом є також впровадження системи розширеної відповідальності виробника (РВВ), яка покладає на виробників відповідальність за збір та переробку відходів, що утворюються внаслідок

споживання їхньої продукції.

Для досягнення поставлених цілей необхідне використання різноманітних інструментів державної політики, включаючи: запровадження обов'язкового роздільного збору відходів, будівництво сучасних сміттєпереробних заводів та установок з виробництва енергії з відходів, стимулювання використання перероблених матеріалів у виробництві та заборону захоронення окремих видів відходів, що підлягають переробці.

В рамках стратегії визначено такі цільові показники до 2030 р:

- зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігони, до 10% до 2030 року;
- зменшення утворення харчових відходів на 10% до 2030 року;
- забезпечення переробки не менше 40% пластикового пакування до 2030 року.

Пріоритетними галузями для реалізації стратегії ревалоризації є виробництво, будівництво та гірничодобувна промисловість, оскільки саме ці сектори генерують значні обсяги відходів, які мають високий потенціал для повторного використання та переробки.

Досягнення стратегічних цілей, зокрема зменшення обсягів відходів, що потрапляють на полігони, зменшення утворення харчових відходів та забезпечення переробки пластикового пакування, сприятиме зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенню ресурсоефективності економіки України.

**4. Стратегія відтворення екосистем (англ. Ecosystem restoration strategy)** являє собою комплексну систему заходів, спрямованих на формування сприятливих умов для сталого розвитку, включаючи розбудову необхідного регуляторного середовища, підтримку інноваційних ініціатив, підвищення рівня екологічної обізнаності суспільства, стимулювання співпраці між підприємствами та інтегрування цифрових технологій у всі сфери економічної діяльності.

Обґрунтованість цієї стратегії полягає у створенні синергетичного ефекту, коли економічне зростання відбувається паралельно з відновленням та

покращенням стану природних екосистем. Вона виходить за межі традиційних підходів до охорони довкілля та передбачає інтеграцію екологічних принципів у всі аспекти економічного планування та управління.

Ключовими особливостями стратегії є: створення сприятливих умов для розвитку циркулярного бізнесу, підвищення екологічної свідомості споживачів та сприяння міжгалузевій співпраці. Це передбачає активну участь органів державної влади, бізнесу, наукових установ та громадських організацій у розробці та реалізації спільних проєктів, спрямованих на вирішення екологічних проблем та стимулювання сталого розвитку [266].

Реалізація стратегії потребує використання різноманітних інструментів, таких як: розробка та прийняття законодавства, що стимулює циркулярну економіку (наприклад, податкові пільги, субсидії, обов'язкові екологічні вимоги), підтримка розвитку інноваційних технологій у сфері циркулярної економіки, проведення масштабних інформаційних кампаній та освітніх програм з екологічної тематики, а також створення онлайн-платформ для обміну інформацією та ресурсами між підприємствами.

Досягнення стратегічних цілей, включаючи впровадження циркулярних критеріїв у тендерну документацію для державних закупівель, надання професійних тренінгів з впровадження принципів циркулярної економіки для державних службовців та працівників підприємств, а також запровадження та використання онлайн-платформ для моніторингу та контролю управління відходами, вимагає активної участі всіх секторів економіки.

Стратегія відтворення екосистем є наскрізною та має враховуватися при розробці та реалізації політик у кожній галузі, від промисловості та сільського господарства до транспорту та енергетики.

Отже, в умовах системної кризи та збройної агресії, перехід України до циркулярної економіки є стратегічно необхідним для забезпечення сталого розвитку. Ефективність цього переходу залежить від комплексного впровадження чотирьох взаємопов'язаних стратегій: пріоритетності відновлюваних ресурсів, подовження життєвого циклу товарів, ревалоризації відходів та відтворення

екосистем. Успішне впровадження циркулярних стратегій забезпечить не лише економічне відновлення України в умовах системної кризи та збройної агресії, але й закладе фундамент для сталого розвитку, підвищення конкурентоспроможності, забезпечення енергетичної незалежності та покращення екологічної ситуації. Трансформація існуючої економічної моделі на засадах циркулярності є необхідною умовою для інтеграції України в європейський економічний простір, досягнення цілей сталого розвитку та створення сприятливого середовища для процвітання майбутніх поколінь. Вона вимагає консолідованих зусиль, чіткого стратегічного бачення та системної реалізації конкретних заходів, спрямованих на стимулювання інновацій, підтримку підприємництва та формування культури відповідального споживання.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі дисертаційної роботи досліджено механізми ефективності розвитку циркулярної економіки (ЦЕ) в контексті глобальних змін, з акцентом на можливості та виклики для України в умовах системної кризи.

Проведене дослідження парних кореляційних залежностей дозволило ідентифікувати ключові предиктори, що мають найбільш *значущий зв'язок з інтегральними індексами циркулярності*, зокрема: *для економічної циркулярності*: найважливішими є продуктивність ресурсів, енергопродуктивність та інтенсивність викидів від промислових підприємств; *для соціальної циркулярності*: ключовими детермінантами є частка персоналу, задіяного в науково-дослідних та дослідно-конструкторських роботах (НДДКР), рівень витрат на соціальний захист та частка населення, підключеного до вторинної очистки вод; *для екологічної циркулярності*: найбільш вагомими факторами є рівень переробки побутових відходів, індекс чистоти енергоспоживання та рівень водокористування, що відображають важливість управління відходами, переходу до відновлюваних джерел енергії та раціонального використання водних ресурсів.

Водночас, отримані результати вказують на необхідність застосування багатовимірних економетричних моделей, які дозволяють врахувати взаємний вплив комплексу факторів на рівень циркулярності національної економіки, що є передумовою для верифікації попередніх висновків та розробки обґрунтованих рекомендацій щодо стимулювання переходу до ЦЕ.

У розділі дисертаційної роботи проведений кореляційно-регресійний аналіз з метою виявлення детермінант впливу ЦЕ на економічний розвиток країн, розділених на кластери за рівнем економічного розвитку та впровадження циркулярних ініціатив. Встановлено диференційований вплив циркулярних ініціатив на економічний розвиток країн, залежно від кластерної належності. Економетричні моделі, побудовані для кожного кластера, виявили різний набір статистично значущих предикторів ЦЕ, що впливають на ВВП, підкреслюючи контекстуальну залежність впливу ЦЕ, зумовлену специфікою економічної структури, інституційного середовища та рівня технологічного розвитку кожної групи країн. Коефіцієнти детермінації для моделей по кластерам варіюються від 0.50 до 0.75, що свідчить про задовільну якість моделей та їх адекватність опису досліджуваних залежностей.

Визначено ключові предиктори економічного розвитку для кожної групи країн. Для країн з низьким рівнем економічного розвитку домінуючу роль відіграють витрати на соціальний захист, тоді як для країн із середнім рівнем розвитку значущими є продуктивність ресурсів, частка населення, що використовує вторинне очищення вод, та рівень переробки відходів. Для країн з високим рівнем розвитку важливими є інтенсивність викидів та витрати на соціальний захист, а для країн-лідерів – частка населення з вторинним очищенням вод. Це підтверджує, що для ефективного впровадження циркулярності необхідне узгодження екологічних та соціальних цілей.

Підтверджено гіпотезу про нелінійний характер впливу циркулярної економіки на економічний розвиток. Зі збільшенням рівня економічного розвитку та впровадження циркулярних практик змінюється склад та сила впливу предикторів ЦЕ на ВВП, підкреслюючи необхідність диференційованого підходу

до формування політики ЦЕ з урахуванням специфіки кожної групи країн.

Виявлено потенційні сфери для удосконалення політики ЦЕ. Негативний вплив деяких предикторів (наприклад, продуктивності ресурсів для країн із середнім та високим рівнем розвитку) вказує на необхідність посилення контролю за екологічними наслідками їх реалізації.

Аналіз сучасного стану економіки України, ускладненого системною кризою та повномасштабною збройною агресією, підкреслив критичну необхідність фундаментальної трансформації від лінійної моделі господарювання до принципів ЦЕ. Встановлено, що лінійна модель не лише посилює екологічну деградацію, але й сприяє соціально-економічному розпаду, що посилюється в умовах війни.

У роботі удосконалено методологію щодо пріоритезації циркулярних стратегій для України, адаптованої до специфіки системної кризи та воєнного стану, що на відміну від існуючих, інтегрує оцінку галузевого розвитку, потенціалу циркулярної економіки (ЦЕ) та стійкості, що дозволяє ідентифікувати пріоритетні сектори для впровадження циркулярних ініціатив.

На основі дослідження визначено чотири пріоритетні циркулярні стратегії для України: стратегія пріоритетності відновлюваних ресурсів; стратегія подовження життєвого циклу товарів; стратегія ревалоризації та стратегія відтворення екосистем, ефективне впровадження яких дозволить науково обґрунтовано визначати пріоритетні напрямки державної політики, спрямованої на економічне відновлення та сталий розвиток; оптимізувати розподіл обмежених ресурсів для максимальної ефективності впровадження циркулярних практик; створити основу для розробки галузевих дорожніх карт з впровадження ЦЕ, враховуючи специфіку кожного сектору; підвищити стійкість національної економіки до зовнішніх шоків та сприяти її інтеграції до європейського економічного простору.

Основні результати проведеного дослідження опубліковані в праці [247].

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження вирішено важливе наукове завдання формування цілісного теоретико-методологічного та науково-практичного інструментарію для аналізу, оцінки та стратегічного планування глобальних детермінант розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства з метою розробки комплексної наукової концепції забезпечення стійкості та самовідтворення екосистем, що дозволило зробити такі висновки:

1. У результаті дослідження теоретичного базису становлення та формування циркулярної економіки було обґрунтовано технологічно-інституційні передумови її актуалізації, пов'язані з переходом до «Індустрії 4.0» та підвищенням енерго- й матеріалоефективності виробничих процесів. На цій основі здійснено узагальнення наукових підходів і запропоновано авторське визначення циркулярної економіки як економічної моделі відтворення, у межах якої процеси проектування, виробництва, обігу та споживання організуються таким чином, щоб матеріальні й енергетичні ресурси максимально довго зберігалися в господарському обігу через продовження життєвого циклу продукції та багаторазове залучення сировини, а обсяги відходів і потреба у первинних ресурсах мінімізувалися завдяки застосуванню замкнених та регенеративних циклів, що забезпечують зниження антропогенного навантаження та підтримання екологічної стійкості економічного розвитку.

2. Сформовано кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+), який слугує причинно-наслідковою рамкою пояснення переходу інструментів циркулярної економіки в умовах системної кризи із площини «бажаних» у площину економічно необхідних. КЦМУВ+ відображає послідовність взаємодії блоків: «А» – канали кризового тиску; «В» – трансформація стимулів і параметрів прийняття рішень; «С» – вибір інструментів циркулярної економіки за ієрархією утримання вартості; «D» – очікувані антикризові результати (ресурсна безпека, стійкість ланцюгів постачання,

продуктивність матеріалів), а також доповнюється блоками «Е» (система показників верифікації) та «F» (емпіричний дизайн), що забезпечує перехід від концептуального опису до перевірюваної аналітичної моделі. Функціональною особливістю КЦМУВ+ є трактування циркулярності як керованого управлінського контуру зі зворотними зв'язками: результати «D» мають фіксуватися через КРІ у блоці «Е», а отримані вимірювання стають підставою для уточнення стимулів «В» та масштабування/корекції інструментів «С», що підвищує відтворюваність рішень та їхню доказовість у кризових умовах.

3. За результатами дослідження встановлено, що концептуальні засади циркулярної економіки сформувалися на основі поєднання ресурсного, еколого-економічного, інституційного та системного підходів, які послідовно обґрунтували обмеженість лінійної моделі господарювання, значення природних меж, зовнішніх ефектів і механізмів управління матеріальними потоками. Це дало підстави розглядати циркулярну економіку не як сукупність окремих практик, а як цілісну рамку організації відтворення, зорієнтовану на збереження вартості, звуження, уповільнення та замикання ресурсних потоків. Узагальнення наукових шкіл та інституційних компонентів циркулярності показало, що в умовах системної кризи вирішального значення набувають режими відповідальності, стандартизація, простежуваність і оцінювання результативності циркулярних рішень. Це дозволяє визначити циркулярну економіку як методологічно та інституційно обґрунтовану основу підвищення ресурсної стійкості й зниження залежності від первинної сировини.

4. У результаті дослідження сучасних тенденцій використання інструментів циркулярної економіки у світі встановлено поглиблення структурного дисбалансу між обсягами залучення первинних ресурсів і спроможністю економічних систем забезпечувати повторне використання матеріалів. Обґрунтовано, що за умов щорічного споживання у світовій економіці понад 100 млрд тонн матеріалів частка їх повторного залучення залишається нижчою за 10 % і виявляє тенденцію до зниження, що засвідчує збереження сировинозалежного типу розвитку. Узагальнення галузевих практик дало

підстави визначити секторальну диференціацію як провідну тенденцію застосування інструментів циркулярної економіки: їх зміст, набір і результативність залежать від ресурсної бази, технологічних параметрів виробництва та характеру відходоутворення. Це дає змогу стверджувати, що сучасний етап розвитку циркулярної економіки характеризується формуванням спеціалізованих моделей замкненого ресурсокористування, адаптованих до особливостей окремих секторів.

5. Систематизовано та виокремлено детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки, згруповані за логікою багатофакторного впливу: екологічні (виснаження ресурсів, забруднення, кліматичні зміни), економічні (ресурсна ефективність, зростаючі витрати на утилізацію, конкурентні переваги), технологічні (інновації у відновленні/рециклінгу, цифрові технології, розвиток відновлюваної енергетики), політико-регуляторні (міжнародні угоди та ініціативи, національні політики і законодавство), а також соціальні, корпоративні, фінансові й освітні чинники. При цьому окремо підкреслено роль цифрових технологій як детермінантів, що підсилюють здатність до відстеження, оцінки та оптимізації потоків ресурсів і управління кінцем життєвого циклу продуктів.

6. У роботі запропонований індекс циркулярності економіки країни, що можна вважати дієвим інструментом для оцінювання, моніторингу та управління переходом до циркулярної економіки, забезпечуючи комплексний та збалансований підхід до сталого розвитку. Застосування запропонованої методології дозволить отримати більш глибоке розуміння взаємозв'язків між економічними, соціальними та екологічними складовими циркулярності, а також розробити цільові заходи для стимулювання переходу до більш ефективної циркулярної моделі економічного розвитку.

7. Удосконалення механізмів розвитку ЦЕ в країнах світу було запропоновано здійснювати через призму диференційованих підходів до визначення ключових предикторів, необхідною передумовою формування яких є аналіз та адаптація кращих практик країн із різним рівнем економічного розвитку

та впровадження циркулярних ініціатив. У дисертації обґрунтовано, що ефективність та масштабність реалізації циркулярних ініціатив залежить від рівня економічного розвитку країни, підтвердження чого було отримано на основі кластеризації країн Європи на основі низки індикаторів циркулярної економіки. Досліджуючи передумови впливу впровадження механізмів циркулярної економіки на економічний розвиток країн, на засадах кластеризації було виокремлено чотири кластери країн для кожного з яких характерний свій набір специфічних предикторів: країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами; країни із середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями; країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками; країни-лідери з впровадження циркулярних практик. На засадах емпіричних досліджень обґрунтовано, що на рівень економічного розвитку країни найбільшою мірою впливає сукупність індикаторів економічної циркулярності (продуктивність ресурсів, енергопродуктивність та інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств), соціальної циркулярності (частка персоналу, що займається НДКР, рівень витрат на соціальний захист та частка населення, підключеного до вторинної очистки вод) та екологічної циркулярності (рівень переробки побутових відходів, індекс чистоти енергоспоживання та рівень водокористування) країни, які було використано у якості предикторів для побудови економіко-математичних моделей.

8. У роботі побудовано моделі економічного розвитку країн залежно від ефективності впровадження циркулярних ініціатив за чотирма групами країн. На засадах проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що для країн, що відносяться до кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами» основним предиктором виступає рівень витрат на соціальний захист, збільшення якого позитивно корелює зі зростанням ВВП. Це вказує на важливість соціальної складової ЦЕ для країн з обмеженими ресурсами та необхідністю створення умов для соціальної адаптації до переходу на нові економічні моделі. Для країн кластеру «Країни із середнім

рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями» на економічний розвиток впливає комплекс факторів, неоднозначний вплив яких свідчить про необхідність комплексного підходу до впровадження циркулярних ініціатив у країнах із середнім рівнем розвитку, враховуючи їх взаємозв'язок та потенційні ефекти переливу. Для «Країн з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками» рівень економічного розвитку корелює з продуктивністю ресурсів (негативно), інтенсивністю викидів у повітря від промислових підприємств (негативно) та рівня витрат на соціальний захист (позитивно). І нарешті, для кластера «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик» визначальним фактором є частка населення, підключеного до вторинного очищення вод, збільшення якого позитивно корелює зі зростанням ВВП, що підкреслює важливість інвестицій в екологічну інфраструктуру та впровадження ефективних систем управління водними ресурсами для країн, що досягли значних успіхів у впровадженні циркулярної економіки.

9. Проведене дослідження підтверджує стратегічну необхідність впровадження ЦЕ як драйвера сталого розвитку в Україні. Результати аналізу світового досвіду та економіко-математичного моделювання демонструють, що успішний перехід до ЦЕ вимагає врахування специфіки економічного розвитку, інституційного середовища та технологічного рівня країни, а також розробки та імплементації комплексних та адаптивних стратегій. При цьому, першочерговими кроками на шляху до ЦЕ є забезпечення економічної ефективності імplementованих заходів та ініціатив, і врахування інклюзивності. Ієрархізація запропонованих до впровадження стратегій враховує пріоритетність промислового сектору, сільського господарства та будівельної галузі, є стратегічним кроком, що дозволить максимально використати потенціал ЦЕ для економічного відновлення та сталого розвитку України в умовах безпрецедентних викликів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172 p.
2. Toffler A. The Third Wave. New York: Bantam Books, 1980. 537 p.
3. United Nations. Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972. New York: United Nations, 1973. (A/CONF.48/14/Rev.1). URL: <https://digitallibrary.un.org/record/523249> (дата звернення: 26.12.2025).
4. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford: *Oxford University Press*, 1987. 400 p.
5. United Nations. Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. Vol. I: Resolutions adopted by the Conference. New York: United Nations, 1993. (A/CONF.151/26 (Vol. I)). URL: <https://digitallibrary.un.org/record/129830> (дата звернення: 26.12.2025).
6. United Nations General Assembly. Resolution S-19/2. Programme for the Further Implementation of Agenda 21. 1997. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/260301> (дата звернення: 26.12.2025).
7. United Nations General Assembly. Resolution 55/2. United Nations Millennium Declaration. 2000. URL: <https://undocs.org/A/RES/55/2> (дата звернення: 26.12.2025).
8. United Nations. Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August – 4 September 2002. New York: United Nations, 2002. (A/CONF.199/20). URL: <https://digitallibrary.un.org/record/478154> (дата звернення: 26.12.2025).
9. United Nations Environment Programme. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi: UNEP, 2011. URL: <https://www.unep.org/resources/report/towards-green-economy-pathways-sustainable-development-and-poverty-eradication> (дата звернення: 26.12.2025).

10. United Nations General Assembly. Resolution 66/288. The Future We Want. 2012. URL: <https://undocs.org/A/RES/66/288> (дата звернення: 26.12.2025).
11. United Nations General Assembly. Resolution 70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. URL: <https://undocs.org/A/RES/70/1> (дата звернення: 26.12.2025).
12. Stockholm+50. Stockholm+50: Unlocking a Better Future. Outcome report. 2022. URL: <https://www.stockholm50.global/outcome> (дата звернення: 26.12.2025).
13. Krebs C. J. The Ecological World View. Collingwood, VIC: CSIRO Publishing, 2008. 592 p.
14. Jackson T., ed. Clean Production Strategies: Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1993. 448 p.
15. European Commission. Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. COM(2015) 614 final. Brussels, 02.12.2015. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614> (дата звернення: 26.12.2025).
16. European Commission. A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. COM(2020) 98 final. Brussels, 11.03.2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098> (дата звернення: 26.12.2025).
17. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy. Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. 2013. URL: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an-accelerated-transition> (дата звернення: 26.12.2025).
18. Boulding K. E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett H. (ed.). Environmental Quality in a Growing Economy. Baltimore: *Johns Hopkins University Press*, 1966. P. 3-14.

19. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. III. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books, 1972. 205 p.
20. Stahel W. R., Reday-Mulvey G. *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*. New York: *Vantage Press*, 1981. 144 p.
21. Jackson T. *Clean Production Strategies: Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. 236 p.
22. Pearce D. W., Turner R. K. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore : Johns Hopkins University Press, 1990. 378 p.
23. Jiao W., Boons F. Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 67. P. 14-25. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.050>.
24. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757-768. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
25. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. 2017. Vol. 127. P. 221-232. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
26. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*. 2018. Vol. 143. P. 37-46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
27. Lieder M., Rashid A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 115. P. 36-51. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
28. Tukker A. Product services for a resource-efficient and circular economy – A review. *Journal of Cleaner Production*. 2015. Vol. 97. P. 76-91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>

29. Gregson N., Crang M., Fuller S., Holmes H. Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*. 2015. Vol. 44(2). P. 218-243. URL: <https://doi.org/10.1080/03085147.2015.1013353>
30. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling. *Journal of Industrial Ecology*. 2015. Vol. 19(5). P. 765-777. URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>.
31. Potting J., Hekkert M., Worrell E., Hanemaaijer A. Circular Economy: Measuring innovation in the product chain. The 9R framework. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017. URL: <https://www.pbl.nl/en/publications/circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains> (дата звернення: 26.12.2025).
32. Morsetto P. Targets and indicators for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020. Vol. 153. 104553. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>.
33. Руда М. В., Мирка Я. В. Циркулярні бізнес-моделі в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Менеджмент та підприємництво в Україні*. 2020. № 2(1). С. 107–121. URL: <https://doi.org/10.23939/smeu2020.01.107> (дата звернення: 24.12.2025).
34. Варфоломєєв М. О., Чуріканова О. Ю. Циркулярна економіка як невід’ємний шлях українського майбутнього в аспекті глобалізації. *Ефективна економіка*. 2020. № 5. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=7895> (дата звернення: 24.12.2025).
35. Трушкіна Н. В. Циркулярна економіка: становлення концепції, еволюція розвитку, бар’єри, проблеми і перспективи. *Вісник економічної науки України*. 2021. № 1(40). С. 9–20. URL: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1\(40\).9-20](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1(40).9-20) (дата звернення: 24.12.2025).
36. Шпакова Г. В. Трансфер циркулярної моделі економіки до будівельної галузі. *Науковий огляд*. 2020. № 1(64). URL: <https://oaji.net/articles/2020/797-1584512634.pdf> (дата звернення: 26.12.2025).

37. Савченко М. В., Лозінський А. В. Історія становлення та розвиток концепції циркулярної економіки. *Modern research in science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference.* BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. PP. 474-480. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/02/MODERN-RESEARCH-IN-SCIENCE-AND-EDUCATION-8-10.02.24.pdf#page=474>.

38. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Ієрархія та пріоритизація R-стратегій у циркулярній економіці: сутність та практичні орієнтири. *Праці XXV Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (27 листопада 2025 р., м. Вінниця).* Том 1. Ред. кол. Орєхова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 43-46

39. Roleders V., Oriekhova T., Sysoieva I. Trends in a global circular economy. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development.* 2022. Vol. 44, №. 2. P. 176-184. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2022.18>.

40. Summers L. H. U.S. Economic Prospects: Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound. *Business Economics.* 2014. Vol. 49(2). P. 65-73. URL: <https://doi.org/10.1057/be.2014.13>.

41. Rey H. Dilemma not Trilemma: The Global Financial Cycle and Monetary Policy Independence. *NBER Working Paper Series.* 2015. No. 21162. URL: <https://doi.org/10.3386/w21162>.

42. World Economic Forum. *The Global Risks Report 2025.* Geneva: WEF, 2025. URL: <https://www.weforum.org> (дата звернення: 27.12.2025).

43. World Bank. *Global Economic Prospects: January 2025.* Washington, DC: World Bank, 2025. URL: <https://openknowledge.worldbank.org> (дата звернення: 27.12.2025).

44. International Monetary Fund. *Fiscal Monitor: Fiscal Policy Under Pressure.* Washington, DC: IMF, April 2025. URL: <https://www.imf.org> (дата звернення: 27.12.2025).

45. OECD. Global Debt Report 2025. Paris: OECD Publishing, 2025. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 27.12.2025).
46. Aiyar S., Duval R., Puy D., Wu Y., Zhang L. Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism. IMF Staff Discussion Note. 2023. URL: <https://www.imf.org> (дата звернення: 27.12.2025).
47. Gereffi G. What does the COVID-19 pandemic teach us about global value chains? The case of medical supplies. *Journal of International Business Policy*. 2020. Vol. 3. P. 287-301. URL: <https://doi.org/10.1057/s42214-020-00062-w>.
48. International Energy Agency. Global Critical Minerals Outlook 2024. Paris: IEA, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024> (дата звернення: 27.12.2025).
49. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата звернення: 27.12.2025).
50. Richardson K. et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*. 2023. Vol 9 (37). URL: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>.
51. UNDP. Human Development Report 2023/2024: Breaking the gridlock: Reimagining cooperation in a polarized world. New York: UNDP, 2024. URL: <https://hdr.undp.org> (дата звернення: 27.12.2025).
52. Lawrence M., Homer-Dixon T., Janzwood S., Rockström J., Renn O., Donges J. F. Global polycrisis: the causal mechanisms of crisis entanglement. *Global Sustainability*. 2024. Vol. 7. e6. URL: <https://doi.org/10.1017/sus.2024.1>.
53. OECD. Global Trends in Government Innovation 2023. Paris: OECD Publishing, 2023. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 27.12.2025).
54. Schandl H., Marcos-Martinez R., West J., Miatto A., Lutter S., Lieber M., Giljum S., Lenzen M., Li M., Wang H., Tanikawa H., Krausmann F., Eisenmenger N., Fischer-Kowalski M. Global material flows and resource productivity: The 2024 update. *Journal of Industrial Ecology*. 2024. Vol. 28, No. 6. P. 2012-2031. URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.13593>.

55. Circle Economy. *Circularity Gap Report 2025: A circular economy to live within the safe limits of the planet*. 2025. URL: <https://www.circularity-gap.world/2025> (дата звернення: 24.12.2025).

56. United Nations Environment Programme (UNEP); International Resource Panel (IRP). *Global Resources Outlook 2024: Bend the trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. 2024. URL: <https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024> (дата звернення: 24.12.2025).

57. United Nations Environment Programme (UNEP). *Rich countries use six times more resources, generate 10 times the climate impacts than low-income ones*. 2024, March 1. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/rich-countries-use-six-times-more-resources-generate-10-times> (дата звернення: 24.12.2025).

58. Russell J. D., Nasr N. Z. Value-retained vs. impacts avoided: the differentiated contributions of remanufacturing, refurbishment, repair, and reuse within a circular economy. *Journal of Remanufacturing*. 2023. Vol. 13(1). P. 25–51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13243-022-00119-4>

59. Reike D., Vermeulen W. J. V., Witjes S. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol. 135. P. 246–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>

60. Directive (EU) 2024/1799 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on common rules promoting the repair of goods. *Official Journal of the European Union*. 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1799/oj> (дата звернення: 24.12.2025).

61. Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products. *Official Journal of the European Union*. 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj> (дата звернення: 24.12.2025).

62. Савченко М. В., Лозінський А. В. Вплив глобальних економічних криз

на стратегії розвитку циркулярно-орієнтованої економіки. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 1 (271). С. 33-43. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24.\\_topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24._topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf)

63. Лозінський А. В. Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку циркулярної економіки. *Ефективна економіка*. 2026. № 2. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/9256/9407>

64. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Розвиток циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства: виклики та структурні трансформації. Праці XXV Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих вчених «Проблеми розвитку соціально-економічних систем в національній та глобальній економіці» (02 квітня 2025 р., м. Вінниця). Том 2. Ред. кол. Орехова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 36-38

65. Frosch R. A., Gallopoulos N. E. Strategies for Manufacturing. *Scientific American*. 1989. Vol. 261, No. 3 (September). P. 144-152. URL: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144>

66. Chertow M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*. 2000. Vol. 25(1). P. 313-337. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>.

67. McDonough W., Braungart M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York : North Point Press, 2002.

68. Lyle J. T. *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York : John Wiley & Sons, 1994. XIV, 338 p.

69. Benyus J. M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York : William Morrow, 1997. 288 p.

70. Hawken P., Lovins A. B., Lovins L. H. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Boston : Little, Brown and Co., 1999. xix, 396 p.

71. Pauli G. A. *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Taos, NM : Paradigm Publications, 2010. 308 p.

72. Zaman A. U. A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*. 2015. Vol. 91. P. 12–25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>.

73. Quesnay F. Physiocratie, ou Constitution naturelle du gouvernement le plus avantageux au genre humain. Partie 1. Recueil publié par Du Pont. 1768. URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k73143p.texteImage> (дата звернення: 03.01.2026).

74. Petty W. A Treatise of Taxes and Contributions. In: The Economic Writings of Sir William Petty, together with “The Observations upon the Bills of Mortality” / ed. by C. H. Hull. Cambridge: *Cambridge University Press*, 1899. Vol. 1. URL: [https://oll-resources.s3.us-east-2.amazonaws.com/oll3/store/titles/1677/Petty\\_0605-01\\_EBk\\_v6.0.pdf](https://oll-resources.s3.us-east-2.amazonaws.com/oll3/store/titles/1677/Petty_0605-01_EBk_v6.0.pdf) (дата звернення: 03.01.2026).

75. Ricardo D. On the Principles of Political Economy and Taxation. In: The Works and Correspondence of David Ricardo / ed. by P. Sraffa, with the collaboration of M. H. Dobb. Cambridge: *Cambridge University Press for the Royal Economic Society*, 1951. Vol. 1. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/ricardo-the-works-and-correspondence-of-david-ricardo-vol-1-principles-of-political-economy-and-taxation> (дата звернення: 03.01.2026).

76. Mill J. S. Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy / ed. by W. J. Ashley (based on the 7th ed., 1870). London: Longmans, Green and Co., 1909. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/mill-principles-of-political-economy-ashley-ed> (дата звернення: 03.01.2026).

77. Malthus T. R. An Essay on the Principle of Population (1798, 1st ed.). URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/malthus-an-essay-on-the-principle-of-population-1798-1st-ed> (дата звернення: 03.01.2026).

78. Jevons W. S. The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines. London: Macmillan and Co., 1865. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/jevons-the-coal-question> (дата звернення: 03.01.2026).

79. Pigou A. C. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co., 1920. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/pigou-the-economics-of-welfare> (дата звернення: 03.01.2026).
80. Coase R. H. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*. 1960. Vol. 3. P. 1-44. URL: <https://doi.org/10.1086/466560>.
81. Hotelling H. The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*. 1931. Vol. 39(2). P. 137-175. URL: <https://doi.org/10.1086/254195>.
82. Gordon H. S. The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery. *Journal of Political Economy*. 1954. Vol. 62(2). P. 124-142. URL: <https://doi.org/10.1086/257497>.
83. Hardin G. The Tragedy of the Commons. *Science*. 1968. Vol. 162(3859). P. 1243-1248. URL: <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>.
84. Ostrom E. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge: *Cambridge University Press*, 1990. URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>.
85. Kapp K. W. *The Social Costs of Private Enterprise*. Cambridge, MA: *Harvard University Press*, 1950. URL: [https://books.google.com/books/about/The\\_Social\\_Costs\\_of\\_Private\\_Enterprise.html?id=L5hjuAEACAAJ](https://books.google.com/books/about/The_Social_Costs_of_Private_Enterprise.html?id=L5hjuAEACAAJ) (дата звернення: 03.01.2026).
86. Kneese A. V., Ayres R. U., d'Arge R. C. *Economics and the Environment: A Materials Balance Approach*. Washington, DC: *Resources for the Future; distributed by the Johns Hopkins Press*, 1970. URL: <https://doi.org/10.4324/9781315682136>.
87. Georgescu-Roegen N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: *Harvard University Press*, 1971. URL: <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674281653>.
88. Daly H. E. *Steady-State Economics* (2nd ed., with new essays). Washington, DC: *Island Press*, 1991. URL: <https://islandpress.org/books/steady-state-economics> (дата звернення: 03.01.2026).
89. *Resources for the Future. About Us*. URL: <https://www.rff.org/about/> (дата звернення: 03.01.2026).

90. Carson R. *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962. URL: <https://www.rachelcarson.org/silent-spring> (дата звернення: 03.01.2026).
91. Commoner B. *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. New York: Alfred A. Knopf, 1971. URL: <https://archive.org/details/closingcirclenat0000barr> (дата звернення: 03.01.2026).
92. Schumacher E. F. *Small Is Beautiful: Economics as if People Mattered*. London: Blond & Briggs, 1973. URL: [https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs\\_5110/small\\_is\\_beautiful.pdf](https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5110/small_is_beautiful.pdf) (дата звернення: 03.01.2026).
93. Ward B., Dubos R. *Only One Earth: The Care and Maintenance of a Small Planet*. New York: W. W. Norton & Company, 1972. URL: <https://books.google.com/books?id=C-g-PgAACAAJ> (дата звернення: 03.01.2026).
94. Met Office. *The Great Smog of 1952 (case study)*. URL: <https://weather.metoffice.gov.uk/learn-about/weather/case-studies/great-smog> (дата звернення: 03.01.2026).
95. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (consolidated version: 05.07.2018). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A02008L0098-20180705> (дата звернення: 03.01.2026).
96. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32018L0851> (дата звернення: 03.01.2026).
97. Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng> (дата звернення: 03.01.2026).
98. Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive

2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng> (дата звернення: 03.01.2026).

99. ISO. ISO 59004:2024 «Circular economy — Vocabulary, principles and guidance for implementation». URL: <https://www.iso.org/standard/80648.html> (дата звернення: 03.01.2026).

100. ISO. ISO 59020:2024 «Circular economy — Measuring and assessing circularity performance». URL: <https://www.iso.org/standard/80650.html> (дата звернення: 03.01.2026).

101. Circle Economy. Practical, scalable implementation of the circular economy. URL: <https://www.circle-economy.com/about> (дата звернення: 24.12.2025).

102. CGR 2023. The Circularity Gap Report, 2023. URL: <https://www.circularity-gap.world/2023>

103. UN World Food Programme (WFP). URL: <https://www.wfp.org/publications/2020-world-food-programme-overview> (дата звернення: 24.12.2025).

104. OECD. Global Plastics Outlook, 2022. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook\\_aa1edf33-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/global-plastics-outlook_aa1edf33-en.html) (дата звернення: 24.12.2025).

105. 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/> (дата звернення: 24.12.2025).

106. Niinimäki K., Peters G., Dahlbo H., Perry P., Rissanen T., Gwilt A. The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020. Vol. 1, №. 4. P. 189–200. URL: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>

107. The International Resource Panel. Global Material Flows Database. URL: <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-databas> (дата звернення: 24.12.2025).

108. Sensoneo. Global Waste Index. URL: <https://sensoneo.com/global-waste-index/> (дата звернення: 24.12.2025).

109. Our World in Data. Electricity production by source. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked> (дата звернення: 24.12.2025).

110. 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> (дата звернення: 24.12.2025).

111. Montgomery A., Kasaniya M., Zhao P., Thomas M., Peterson K. The dam that fly ash built. *Journal of Microscopy*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1111/jmi.13248>

112. Environmental Resources Committee. Coal Refuse. URL: <https://environmental.pasenategop.com/wp-content/uploads/sites/34/2015/06/Brisini-Testimony3.pdf> (дата звернення: 24.12.2025).

113. 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> (дата звернення: 24.12.2025).

114. World Steel Association. Steel – the permanent material in the circular economy. Report, 2023 URL: <https://worldsteel.org/publications/bookshop/steel-permanent-circular-economy/> (дата звернення: 24.12.2025).

115. 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> (дата звернення: 24.12.2025).

116. Kato T., Kosugi C., Kiso E., Torii K. Application of Steelmaking Slag to Marine Forest Restoration. Nippon Steel & Sumitomo Metal, Technical report. №109. 2015. URL: <https://www.nipponsteel.com/en/tech/report/nssmc/pdf/109-14.pdf> (дата звернення: 24.12.2025).

117. Hydro. Hydro CIRCAL recycled aluminium. URL: <https://www.hydro.com/en/global/aluminium/products/low-carbon-and-recycled-aluminium/low-carbon-aluminium/hydro-circal/> (дата звернення: 24.12.2025).

118. World Steel Association. World Steel in Figures 2023. URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures-2023/> (дата звернення: 24.12.2025).
119. UNEP, IEA. Global Status Report for Buildings and Construction, 2019. URL: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019> (дата звернення: 24.12.2025).
120. GlobalABC. Data Hub. URL: <https://globalabc.org/index.php/data-hub> (дата звернення: 24.12.2025).
121. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (“European Climate Law”). *Official Journal of the European Union*. 2021. L 243. 09.07.2021. P. 1-17. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj/eng> (дата звернення: 05.01.2026).
122. Royal BAM Group. Circularity. URL: <https://www.bam.com/en/sustainability/circularity> (дата звернення: 24.12.2025).
123. 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> (дата звернення: 24.12.2025).
124. VINCI Autoroutes. Financial information. Annual and half-year reports URL: [https://www.vinci.com/VINCI.nsf/en/finance-documentation-annual-reports/pages/p\\_vinci%20autoroutes.htm](https://www.vinci.com/VINCI.nsf/en/finance-documentation-annual-reports/pages/p_vinci%20autoroutes.htm) (дата звернення: 24.12.2025).
125. OECD. Employment by activity. URL: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/employment-by-activity.html?oecdcontrol-40985420ae-var3=2016&oecdcontrol-40985420ae-var5=A> (дата звернення: 24.12.2025).
126. Rheaply. Materials Marketplace. URL: <https://rheaply.com/materials-marketplace/> (дата звернення: 24.12.2025).
127. Cycle Up EU. Cycle Up – a global solution for the reuse of construction materials. URL: <https://cycle-up.eu> (дата звернення: 24.12.2025).

128. Statista. Consumer electronics — statistics & facts, 2023. URL: <https://www.statista.com/topics/4408/consumer-electronics/#topicOverview> (дата звернення: 24.12.2025).

129. 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/> (дата звернення: 24.12.2025).

130. E-dechet la solution d'Ecologic. L'indice de réparabilité, expliqué en détails par e-dechet. 2023. URL: <https://www.e-dechet.com/deee/indice-de-reparabilite> (дата звернення: 24.12.2025).

131. Sander S. What you should know about the German ElektroG in 2022. Ecosistant. URL: <https://www.ecosistant.eu/en/german-elektrog/> (дата звернення: 24.12.2025).

132. Chamberlain E. Secure Your Right to Repair. iFixit. URL: <https://ru.ifixit.com/right-to-repair-action?srsltid=AfmBOoouIoYg0lAwuzndH80F9E-rQ3JROJTL6Z-tLGtvZq1UuZkENbVV> (дата звернення: 24.12.2025).

133. Parlement européen. Déchets électroniques dans l'Union européenne: faits et chiffres (infographie). 2023. URL: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20201208STO93325/dechets-electroniques-dans-l-union-europeenne-faits-et-chiffres-infographie> (дата звернення: 24.12.2025).

134. European Environmental Agency. Waste prevention country, Sweden. 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries> (дата звернення: 24.12.2025).

135. Statista. Global plastic packaging industry – statistics & facts, 2023. URL: <https://www.statista.com/topics/10136/plastic-packaging-industry-worldwide/#topicOverview> (дата звернення: 24.12.2025).

136. Ritchie H., Samborska V., Roser M. Our World in Data. Plastic Pollution, 2023. URL: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> (дата звернення: 24.12.2025).

137. Statista. Plastic waste worldwide – statistics & facts, 2023. URL: <https://www.statista.com/topics/5401/global-plastic-waste/#topicOverview> (дата звернення: 24.12.2025).
138. OECD. Global Plastics Outlook, 2022. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/2022/06/global-plastics-outlook\\_f065ef59.html](https://www.oecd.org/en/publications/2022/06/global-plastics-outlook_f065ef59.html) (дата звернення: 24.12.2025).
139. Ecovative. Our Mycelium Technology, 2023. URL: <https://ecovative.com> (дата звернення: 24.12.2025).
140. Invisible Company. #INVISIBLEBAG Water Soluble Packaging. URL: <https://www.invisible-company.com/?srsltid=AfmBOoo9ECe0CPzxMYxxZTRU2UDbdW4AZyusRVYq-DFJoXztQk1HTa9k> (дата звернення: 24.12.2025).
141. Unilever. Cif innovative at-home refill will remove 1.5 million plastic bottles from UK supermarkets, 2019. URL: <https://www.unilever.com/news/press-and-media/press-releases/2019/cif-innovative-at-home-refill-will-remove-1-5-million-plastic-bottles-from-uk-supermarkets> (дата звернення: 24.12.2025).
142. Cernol Refill Station | Cernol. Effective Homecare and Industrial Solutions | Cernol Ltd. URL: <https://www.cernol.com/cernol-refill-station> (дата звернення: 24.12.2025).
143. Loop. Designed for Reuse, 2023. URL: <https://www.loopforum.dk> (дата звернення: 24.12.2025).
144. Recup. RECUP / REBOWL – Food and drinks to go – without any packaging waste, 2023. URL: <https://recup.de/en/> (дата звернення: 24.12.2025).
145. 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> (дата звернення: 24.12.2025).
146. Ellen McArthur Foundation. A new textiles economy, 2017. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy> (дата звернення: 24.12.2025).

147. CBI. The European market potential for recycled fashion. URL: <https://www.cbi.eu/market-information/apparel/recycled-fashion/market-potential> (дата звернення: 24.12.2025).
148. McKinsey & Company. Scaling textile recycling in Europe—turning waste into value, 2022. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value> (дата звернення: 24.12.2025).
149. Marjorie van Elven. People do not wear at least 50 percent of their wardrobes, says study. FashionUnited. URL: <https://fashionunited.uk/news/fashion/people-do-not-wear-at-least-50-percent-of-their-wardrobes-according-to-study/2018081638356> (дата звернення: 24.12.2025).
150. 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> (дата звернення: 24.12.2025).
151. ThreadUp – Resale Market and Consumer Trend Report, 2023 URL: [https://cf-assets-tup.threadup.com/resale\\_report/2023/thredUP\\_2023\\_Resale\\_Report\\_FINAL.pdf](https://cf-assets-tup.threadup.com/resale_report/2023/thredUP_2023_Resale_Report_FINAL.pdf) (дата звернення: 24.12.2025).
152. EEA. Briefing report, 2019 URL: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/textiles-and-the-environment-in-a-circular-economy> (дата звернення: 24.12.2025).
153. Recover™ Circular fashion production, 2023. URL: <https://recoverfiber.com/sustainability/circular-products> (дата звернення: 24.12.2025).
154. MUD Jeans. Fair Production. URL: [https://mudjeans.com/pages/fair-production-mud-jeans?srsltid=AfmBOoqn7s5SwbtvKM7h\\_g\\_J6DNfnwn7XkCyJQ4mAV2fPGUoOgOnELHC](https://mudjeans.com/pages/fair-production-mud-jeans?srsltid=AfmBOoqn7s5SwbtvKM7h_g_J6DNfnwn7XkCyJQ4mAV2fPGUoOgOnELHC) (дата звернення: 24.12.2025).
155. RE/DONE. Our Responsibility. URL: <https://shopredone.com/pages/our-responsibility> (дата звернення: 24.12.2025).

156. UNEP – UN Environment Programme. Food Waste Index Report, 2024. URL: <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024> (дата звернення: 24.12.2025).

157. 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/> (дата звернення: 24.12.2025).

158. European Commission. Food Safety. Farm to Fork Strategy. URL: [https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en](https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en) (дата звернення: 24.12.2025).

159. Capria. Agritech startup BharatAgri is helping farmers in farming through AI, 2023. URL: <https://capria.vc/news/agritech-startup-bharatagri-is-helping-farmers-in-farming-through-ai/> (дата звернення: 24.12.2025).

160. JUST Egg. URL: <https://www.ju.st/about> (дата звернення: 24.12.2025).

161. Seafood Media. Aquafinca Saint Peter Fish. URL: [http://www.fis-net.com/fis/companies/details.asp?l=e&company\\_id=155971](http://www.fis-net.com/fis/companies/details.asp?l=e&company_id=155971) (дата звернення: 24.12.2025).

162. MaterialDistrict. Crustell B.V. URL: <https://materialdistrict.com/brand/crustell-b-v/> (дата звернення: 24.12.2025).

163. European Commission. Food waste and food waste prevention – estimates. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Food\\_waste\\_and\\_food\\_waste\\_prevention\\_-\\_estimates#Amounts\\_of\\_food\\_waste\\_at\\_EU\\_level](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Food_waste_and_food_waste_prevention_-_estimates#Amounts_of_food_waste_at_EU_level) (дата звернення: 24.12.2025).

164. US EPA. From Field to Bin: The Environmental Impacts of U.S. Food Waste Management Pathways. URL: <https://www.epa.gov/land-research/field-bin-environmental-impacts-us-food-waste-management-pathways> (дата звернення: 24.12.2025).

165. Forest Declaration Dashboard. Conserve and restore forests and other terrestrial ecosystems. URL: <https://dashboard.forestdeclaration.org/article/conserve-and-restore-forests-and-other-terrestrial-ecosystems/> (дата звернення: 24.12.2025).

166. Interpol. Global forestry enforcement, 2019. URL: <https://www.interpol.int/Crimes/Environmental-crime/Forestry-crime> (дата звернення: 24.12.2025).
167. Besserer A. et al. Cascading Recycling of Wood Waste: A Review. *Polymers*. 2021. Vol. 13, №. 11. P. 1752. URL: <https://doi.org/10.3390/polym13111752>
168. Forest Stewardship Council. URL: <https://fsc.org/en> (дата звернення: 24.12.2025).
169. Arbiom. SylPro. URL: <https://arbiom.com/sylpro-4/> (дата звернення: 24.12.2025).
170. New Atlas. This 3D-printed wood guitar is made from recycled sawdust. URL: <https://newatlas.com/music/guitar-3d-printed-wood-olaf-diegel/> (дата звернення: 24.12.2025).
171. Варфоломєєв М. О. Парадигма циркулярної економіки в умовах України. *Бізнес Інформ*. 2021. Вип. 2. № 517. С. 13–20. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-2-13-20>
172. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки: глобальні тенденції. *Проблеми економіки*. 2024. № 4 (62). С. 44-55. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2024-4\\_0-pages-44\\_55.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2024-4_0-pages-44_55.pdf)
173. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки. Праці XXIV Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, сталі економічне зростання» (3 грудня 2024 р., м. Вінниця). Том II. Ред. кол. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2024. С. 39-42.
174. United Nations. Meetings Coverage and Press Releases. World Could Face Water Availability Shortfall by 2030 if Current Trends Continue, Secretary-General Warns at Meeting of High-Level Panel. URL: <https://press.un.org/en/2016/sgsm18114.doc.htm> (дата звернення: 24.12.2025).

175. Атаманчук З.А., Дідович І.І., Рильський В.В. Драйвери сталого розвитку країн в умовах глобалізації. *Бізнес Інформ*. 2024. № 5. С. 16-25. URL: <http://jnas.nbuiv.gov.ua/article/UJRN-0001496924>

176. World Health Organization (WHO). Air pollution. URL: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1) (дата звернення: 24.12.2025).

177. Numbeo. Pollution. Cost of Living. URL: <https://www.numbeo.com/pollution/> (дата звернення: 24.12.2025).

178. Ellen MacArthur Foundation. How to Build a Circular Economy. Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an> (дата звернення: 24.12.2025).

179. UNEP – UN Environment Programme. Global Waste Management Outlook 2024. URL: <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024> (дата звернення: 24.12.2025).

180. The Business Research Company. Digital Circular Economy Global Market Report 2024. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/digital-circular-economy-global-market-report> (дата звернення: 24.12.2025).

181. Chauhan C., Parida V., Dhir A. Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 177. P. 121508. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121508>

182. Національний екологічний центр України. Паризька угода. URL: <https://necu.org.ua/paryzka-ugoda/> (дата звернення: 24.12.2025).

183. Global Compact. 17 Цілей сталого розвитку. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (дата звернення: 24.12.2025).

184. European Commission. Ecodesign for Sustainable Products Regulation. URL: <https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/ecodesign-sustainable->

[products-regulation\\_en](#) (дата звернення: 24.12.2025).

185. EUROOPEN. Extended Producer Responsibility. URL: [https://www.europen-packaging.eu/policy-area/extended-producer-responsibility/#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20\(EPR\)%20is,EU%20recycling%20and%20recovery%20targets](https://www.europen-packaging.eu/policy-area/extended-producer-responsibility/#:~:text=Extended%20Producer%20Responsibility%20(EPR)%20is,EU%20recycling%20and%20recovery%20targets) (дата звернення: 24.12.2025).

186. DLA Piper. Dutch sustainable energy subsidies and energy taxes. URL: <https://www.dlapiper.com/es-pr/insights/publications/2021/10/esg-challenges-in-real-estate-ahead-of-cop26/dutch-sustainable-energy-subsidies-and-energy-taxes> (дата звернення: 24.12.2025).

187. FundsforNGOs. Swiss Agency for Development and Cooperation: Grants for Global Social Impact. URL: <https://www2.fundsforngos.org/donor-agencies/swiss-agency-for-development-and-cooperation-grants-for-global-social-impact/> (дата звернення: 24.12.2025).

188. NIQ. Consumers care about sustainability—and back it up with their wallets. URL: <https://nielseniq.com/global/en/insights/report/2023/consumers-care-about-sustainability-and-back-it-up-with-their-wallets/> (дата звернення: 24.12.2025).

189. InternetRetailing. Majority of consumers actively looking for sustainability. URL: <https://internetretailing.net/majority-of-consumers-actively-looking-for-sustainability-info/> (дата звернення: 24.12.2025).

190. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. URL: <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100> (дата звернення: 24.12.2025).

191. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050. URL: <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un> (дата звернення: 24.12.2025).

192. Deloitte. The Deloitte Global 2024 Gen Z and Millennial Survey. URL: <https://www.deloitte.com/global/en/issues/work/content/genz-millennialsurvey.html> (дата звернення: 24.12.2025).

193. OECD iLibrary. Global Corporate Sustainability Report 2024. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/governance/global-corporate-sustainability-report-2024\\_8416b635-en](https://www.oecd-ilibrary.org/governance/global-corporate-sustainability-report-2024_8416b635-en) (дата звернення: 24.12.2025).
194. Signify. Philips provides Light as a Service to Schiphol Airport. URL: <https://www.signify.com/global/our-company/news/press-release-archive/2015/20150416-philips-provides-light-as-a-service-to-schiphol-airport> (дата звернення: 24.12.2025).
195. Umicore. Precious Metals Refining. E-scrap recycling. URL: <https://pmr.umicore.com/en/recyclables/e-scrap/> (дата звернення: 24.12.2025).
196. The Village Україна. Adidas створив кросівки з океанічного пластику: їх можна повторно переробити. URL: <https://www.village.com.ua/village/service-shopping/style-news/284171-adidas-stvoriv-krosivki-z-oceanichnogo-plastiku-yih-mozhna-povtorno-pererobiti> (дата звернення: 24.12.2025).
197. Acerbi F., Taisch M. A literature review on circular economy adoption in the manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 273. P. 123086.
198. StartUs Insights. Circular Economy Report 2024. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/circular-economy-report/> (дата звернення: 24.12.2025).
199. Negrete Cardoso M., Rosano-Ortega G., Alvarez-Aros E., Tavera Cortés M., Vega-Lebrún C., Sanchez-Ruiz F. Circular economy strategy and waste management: a bibliometric analysis in its contribution to sustainable development, toward a post-COVID-19 era. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29 (1). P. 123086. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18703-3>.
200. Савченко М. В., Лозінський А. В. Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства. *Актуальні проблеми економіки*. 2023. № 11 (269). С. 156-173. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf)
201. Савченко М. В., Лозінський А. В. Комплексна оцінка рівня циркулярності країни: методичний інструментарій та емпіричні результати для

країн Європи. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7 (277). С. 349-369. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf)

202. Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 2016. Vol. 33(5). P. 308-320. URL: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

203. Mentink B. Circular Business Model Innovation: A process framework and a tool for business model innovation in a circular economy : Master Thesis. Delft, 2014.

204. Laubscher M., Marinelli T. Integration of circular economy in business: Going green. *Care Innovation*. 2014. November. P. 1-6.

205. Ferasso M., Beliaeva T., Kraus S., Clauss T., Ribeiro-Soriano D. Circular economy business models: The state of research and avenues ahead. *Business Strategy and the Environment*. 2020. Vol. 29(8). P. 3006-3024. URL: <https://ideas.repec.org/a/bla/bstrat/v29y2020i8p3006-3024.html>

206. Murray A., Skene K., Haynes K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*. 2017. Vol. 140(3). P. 369-380. URL: [https://ideas.repec.org/a/kap/jbuset/v140y2017i3d10.1007\\_s10551-015-2693-2.html](https://ideas.repec.org/a/kap/jbuset/v140y2017i3d10.1007_s10551-015-2693-2.html)

207. Roos Lindgreen E., Salomone R., Reyes T. A critical review of academic approaches, methods and tools to assess circular economy at the micro level. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(12). P. 1-27. URL: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i12p4973-d373171.html>

208. Roos Lindgreen E., Opferkuch K., Walker A. M., Salomone R., Reyes T., Raggi A., Simboli A., Vermeulen W. J. V., Caeiro S. Exploring assessment practices of companies actively engaged with circular economy. *Business Strategy and the Environment*. 2022. Vol. 31(4). P. 1414-1438. URL: <https://ideas.repec.org/a/bla/bstrat/v31y2022i4p1414-1438.html>

209. Kirchherr J. Circular economy and growth: A critical review of “post-growth” circularity and a plea for a circular economy that grows. *Resources*,

*Conservation and Recycling*. 2022. Vol. 179. 106033. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921006418?via%3Dihub>

210. O'Neill D., Fanning A., Lamb W., Steinberger J. A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*. 2018. Vol. 1(2). P. 88-95. URL: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.

211. Harris S., Martin M., Diener D. Circularity for circularity's sake? Scoping review of assessment methods for environmental performance in the circular economy. *Sustainable Production and Consumption*. 2021. Vol. 26. P. 172-186. URL: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.018>

212. Walker S., Coleman N., Hodgson P., Collins N., Brimacombe L. Evaluating the Environmental Dimension of Material Efficiency Strategies Relating to the Circular Economy. *Sustainability*. 2018. Vol. 10(3). Art. 666. URL: <https://doi.org/10.3390/su10030666>

213. Acampora A., Preziosi M., Merli R., Lucchetti M. C. Environmental Management Systems in the Wine Industry: Identification of Best Practices toward a Circular Economy. 23rd International Sustainable Development Research Society Conference (Bogotá, Colombia, June 14-16, 2017). 2017.

214. Cayzer S., Griffiths P., Beghetto V. Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2017. Vol. 10. P. 289-298. URL: <https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1333543>

215. Akerman E. Development of Circular Economy Core Indicators for Natural Resources – Analysis of existing sustainability indicators as a baseline for developing circular economy indicators : Master of Science Thesis. Stockholm, 2016.

216. Di Maio F., Rem P. C. A robust indicator for promoting circular economy through recycling. *Journal of Environmental Protection*. 2015. Vol. 6. P. 1095-1104. URL: <https://doi.org/10.4236/jep.2015.610096>

217. Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu X. A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 42. P. 215-227. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652612006117?via%3Dihub>

218. Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2012. Vol. 23. P. 216-224. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>

219. Wisse E. Assessment of indicators for Circular Economy: The case for the Metropole Region of Amsterdam : Faculty of Geosciences Theses. Utrecht University, Master Sustainable Business and Innovation. Utrecht, 2016.

220. Circular Metrics Landscape Analysis. A joint report on the current landscape of circular metrics use and recommendations for a common measurement framework. May 2018. URL: [https://docs.wbcsd.org/2018/06/Circular\\_MetricsLandscape\\_analysis.pdf](https://docs.wbcsd.org/2018/06/Circular_MetricsLandscape_analysis.pdf).

221. Linder M., Sarasini S., van Loon P. A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*. 2017. Vol. 21(3). P. 545-558. URL: <https://circularhub.se/wp-content/uploads/2020/08/A-metric-for-quantifying-product-level-circularity-journal-of-industrial-ecology.pdf>

222. The Circular Economy Toolkit. URL: <http://circulareconomytoolkit.org/Toolkit.html>.

223. Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. Methodology. URL: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators\\_Project-Overview\\_May2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf) (дата звернення: 03.01.2026).

224. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F., Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 207. P. 542-559. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.02709>

225. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F. How to Assess Product Performance in the Circular Economy? Proposed Requirements for the Design of a Circularity Measurement Framework. *Recycling*. 2017. Vol. 2(1). Art. 6. URL: <https://doi.org/10.3390/recycling2010006>

226. Eurostat. Circular economy. Material flow diagram. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular\\_economy\\_-\\_material\\_flows](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows) (дата звернення: 03.01.2026).
227. Eurostat. Circular economy indicators. Monitoring framework. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework3> (дата звернення: 03.01.2026).
228. The material flow analysis portal. URL: <http://www.materialflows.net/environmental-economic-accounting/> (дата звернення: 03.01.2026).
229. Jabbour C. J. C., Jabbour A. B. L. D. S., Godinho Filho M., Roubaud D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*. 2018. Vol. 270(1). P. 273-286. URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>
230. Elia V., Gnoni M. G., Tornese F. Measuring circular economy strategies through index methods: a critical analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 142(4). P. 2741-2751. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>
231. Parchomenko A., Nelen D., Gillabel J., Rechberger H. Measuring the circular economy – A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 210. P. 200-216. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357> (дата звернення: 03.01.2026).
232. Andersen M. S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*. 2007. Vol. 2(1). P. 133-140. URL: <https://doi.org/10.1007/S11625-006-0013-6> (дата звернення: 03.01.2026).
233. Schroeder P., Anggraeni K., Weber S. The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*. 2019. Vol. 23(1). P. 77-95. URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.12732> (дата звернення: 03.01.2026).
234. Moreau V., Sahakian M., Van Griethuysen P., Vuille F. Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*. 2017. Vol. 21(3). P. 497-506. URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.12598> (дата звернення: 03.01.2026).

235. Страпчук С. І. Система показників оцінки ефективності стратегій циркулярної економіки в аграрному секторі. *Бізнес Інформ*. 2021. №9. С. 108-115. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-108-115> (дата звернення: 03.01.2026).

236. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 114. P. 11-32. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

237. Porter M. E., van der Linde C. Green and Competitive: Ending the Stalemate. *Harvard Business Review*. 1995. P. 119-134

238. Foray D., Lundvall B.-Å. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. In: *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*. Paris : OECD, 1996.

239. Esping-Andersen G. The Three Worlds of Welfare Capitalism. Princeton, NJ : Princeton University Press, 1990.

240. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: New Time-Series Evidence. *Journal of Political Economy*. 1982. Vol. 90(3). P. 606-629. URL: <https://doi.org/10.1086/261077>.

241. Lesnoy S. D., Hambor J. C. Social Security, Saving, and Capital Formation. *Social Security Bulletin*. 1975. Vol. 38(7). P. 3-15. URL: <https://www.ssa.gov/policy/docs/ssb/v38n7/v38n7p3.pdf>.

242. Lesnoy S. D., Leimer D. R. Social Security and Private Saving: Theory and Historical Evidence. *Social Security Bulletin*. 1985. Vol. 48(1). P. 14-30. URL: <https://www.ssa.gov/policy/docs/ssb/v48n1/v48n1p14.pdf>

243. Schlosberg D. Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature. Oxford : *Oxford University Press*, 2007.

244. Dolnicar S., Hurlimann A. Australians' water conservation behaviours and attitudes. *Australian Journal of Water Resources*. 2010. Vol. 14(1). P. 43-53. URL: <https://doi.org/10.1080/13241583.2010.11465373>.

245. Rennings K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*. 2000. Vol. 32(2). P. 319-332. URL: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3).

246. Layard R. Happiness: Lessons from a New Science. London : Penguin, 2005.

247. Шкурят М. Є., Лозінський А. В. Емпіричне дослідження впливу економічних, соціальних та екологічних предикторів на рівень циркулярності країн Європи. *Економіка і організація управління*. 2025. № 3(59). С. 123-139. URL: <https://jeou.donnu.edu.ua/article/view/18807>

248. Ішук Ю. А. Торговельна політика ЄС у сфері сталого розвитку як чинник формування економічної безпеки та розвитку циркулярної економіки. *Бізнес Інформ*. 2025. №10. С. 132-141. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-10-132-141>

249. Romer P. M. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*. 1990. Vol. 98 (5, Part 2). P. S71-S102. URL: <https://doi.org/10.1086/261725>.

250. Lucas R. E., Jr. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*. 1988. Vol. 22(1). P. 3-42. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7).

251. Preston F. A Global Redesign? Shaping the Circular Economy : Chatham House Briefing Paper. 2012. URL: [https://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/d/d7/Bp0312\\_preston.pdf](https://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/d/d7/Bp0312_preston.pdf) (дата звернення: 05.01.2026).

252. Bhattacharyya S. C., Timilsina G. R. A review of energy system models. *International Journal of Energy Sector Management*. 2010. Vol. 4(4). P. 494-518. URL: <https://doi.org/10.1108/17506221011092742> (дата звернення: 05.01.2026).

253. Forrester J. W. Industrial Dynamics. Cambridge, MA : *MIT Press*, 1961.

254. Sterman J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston : Irwin/McGraw-Hill, 2000.

255. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge : *Cambridge University Press*, 1990.

256. Krugman P. *Geography and Trade*. Cambridge, MA : *MIT Press*, 1991.
257. Rodrik D. *One Economics, Many Recipes: Globalization, Institutions, and Economic Growth*. Princeton : *Princeton University Press*, 2007.
258. MacQueen J. B. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. *Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Volume 1: Statistics. Berkeley : University of California Press, 1967. P. 281-297. URL: <http://projecteuclid.org/euclid.bsm/1200512992>.
259. Everitt B. S., Landau S., Leese M., Stahl D. *Cluster Analysis*. 5th ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2011.
260. Закон України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20.06.2022. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20> (дата звернення: 05.01.2026).
261. UNIDO. *Baseline Analysis of Circular Economy in Ukraine: Final Report*. Vienna : UNIDO, 2024. URL: [https://www.recpc.org/wp-content/uploads/2024/08/Baseline-Report\\_UKR-web.pdf](https://www.recpc.org/wp-content/uploads/2024/08/Baseline-Report_UKR-web.pdf) (дата звернення: 05.01.2026).
262. Decision (EU) 2022/591 of the European Parliament and of the Council of 6 April 2022 on a General Union Environment Action Programme to 2030. *Official Journal of the European Union*. 2022. L 114. P. 22-36. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2022/591/oj/eng> (дата звернення: 05.01.2026).
263. Шевченко Т. І., Шуптар-Пориваєва Н. Й., Губанова О. Р. та ін. *Циркулярна економіка: навчальний посібник*. Суми: Університетська книга, 2022. 220 с.
264. Eurostat. *Circular economy: Sankey diagram (material flows visualization, EU27\_2020)*. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/circular\\_economy/-sankey.html?geos=EU27\\_2020&unit=THS\\_T&materials=TOTAL&material=TOTAL&highlight=0&nodeDisagg=0101100100&flowDisagg=false&language=EN#](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/circular_economy/-sankey.html?geos=EU27_2020&unit=THS_T&materials=TOTAL&material=TOTAL&highlight=0&nodeDisagg=0101100100&flowDisagg=false&language=EN#) (дата звернення: 05.01.2026).
265. Хмілевська А. О., Войтко С. В. *Формування індексу циркулярної*

економіки для порівняльного аналізу переходу країн Європи до циркулярної економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 32. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-58>.

266. Грод М., Резнікова Н. Циркулярна економіка в концепті сталого розвитку: парадокси міжнародного макроекономічного середовища та фінансування зеленого зростання. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2023. №7-8. С.155-166. DOI:10.32680/2409-9260-2023-7-8 -308-309-155-166

267. Зварич І. Я., Ванкевич І. С., Баб'яр В. Фінансові виклики та загрози логістики циркулярної економіки. *Світ фінансів*. 2024. № 1(78). С. 111-130. URL: <https://doi.org/10.35774/sf2024.01.111>

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Донецький національний  
університет імені Василя Стуса



**АКТ**

« 03 » 03 2026 № 20-26/12.0-24

м. Вінниця

**Про впровадження результатів  
дисертаційного дослідження  
у навчальний процес  
ДонНУ імені Василя Стуса**

Складено комісією:

Голова: Олена АРТЕМЕНКОВА, завідувач навчальної лабораторії  
«Бізнес-клініка»;  
Члени комісії: Світлана КНИШ, завідувач навчального відділу;  
Ганна ПЕТРЕНКО, завідувач відділу аспірантури та  
докторантури «Докторська школа»

Комісія у період з 26.02.2026 р. по 27.02.2026 р. розглянула матеріали впровадження результатів дисертаційного дослідження Лозінського Артема Васильовича на тему «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» (спеціальність 292 Міжнародні економічні відносини) в освітній процес кафедри міжнародних економічних відносин економічного факультету Донецького національного університету імені Василя Стуса.

Комісія встановила:

Результати дисертаційного дослідження було впроваджено в освітній процес шляхом використання викладачами кафедри основних положень роботи, що стосуються циркулярної економіки, адже впровадження принципів циркулярної економіки сприяє підвищенню конкурентоспроможності країн, зменшенню залежності від імпорту сировини, зниженню екологічного навантаження, що є відповіддю на глобальні виклики в системі міжнародних економічних відносин.

Це сприяло формуванню у здобувачів критичного, аналітичного мислення, здатності до всебічного аналізу тих чи інших явищ та процесів, з урахуванням сучасного методологічного інструментарію економічних наук та цивілізаційного підходу під час викладання таких освітніх компонентів:

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

1. «Актуальні проблеми міжнародних економічних відносин (Topical issues of international economic relations)» (для здобувачів ступеня доктора філософії, 1 курс, 2 години лекцій);

2. «Міжнародні економічні відносини» (для здобувачів СО «Бакалавр», 2 курс, 4 години лекцій).

Позитивний вплив упровадження результатів дисертаційного дослідження Лозінського Артема Васильовича на тему «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» обговорено на засіданні кафедри міжнародних економічних відносин (протокол №15 від 10 лютого 2026 р.).

Складений в 2-х примірниках:

1-й прим. Науково-дослідна частина

2-й прим. Економічний факультет

Голова



Олена АРТЕМЕНКОВА

Члени комісії



Світлана КНИШ



Ганна ПЕТРЕНКО

З актом ознайомлені:

Декан економічного факультету



Тетяна ОРСХОВА

Завідувач кафедри міжнародних економічних відносин



Марія ШКУРАТ

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ТОВ «ЮМ ТРЕЙД»  
23219, Вінницька обл., Вінницький р-н., с. Вінницькі Хутори,  
вул. Немирівське шосе, буд. 90-К  
Ідентифікаційний код за ЄДРПОУ 43921347  
e-mail: [cataleya2018@ukr.net](mailto:cataleya2018@ukr.net)

22 лютого 2026 року

с. Вінницькі Хутори

## ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи  
ЛОЗІНСЬКОГО Артема Васильовича на тему  
**«ГЛОБАЛЬНІ ДЕТЕРМІНАНТИ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ  
ЕКОНОМІКИ В УМОВАХ СИСТЕМНОЇ КРИЗИ СВІТОВОГО  
ГОСПОДАРСТВА»**,  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Наукові результати дослідження, представлені в дисертаційній роботі **Лозінського Артема Васильовича**, а саме: *удосконалена методологія пріоритезації циркулярних стратегій*, адаптована до умов системної кризи та воєнного стану, що інтегрує оцінювання галузевого розвитку, потенціалу циркулярної економіки та стійкості, а також обґрунтування пріоритетних циркулярних стратегій (пріоритетність відновлюваних ресурсів, подовження життєвого циклу товарів, ревалоризація, відтворення екосистем), використовуються у практичній діяльності ТОВ «ЮМ ТРЕЙД» при формуванні пріоритетів розвитку та плануванні заходів, спрямованих на зниження втрат у матеріально-ресурсних потоках, удосконалення підходів до поводження з відходами та підвищення стійкості функціонування підприємства.

Директор ТОВ «ЮМ ТРЕЙД»



Кириєнко Юлія Олексіївна

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ«ЛОДЖІФЛОВ»

23219, ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ, ВІННИЦЬКИЙ Р/Н, СЕЛО ВІННИЦЬКІ ХУТОРИ,  
ВУЛИЦЯ НЕМИРІВСЬКЕ ШОСЕ 90-І КОД ЄДРПОУ 45210646  
р/р №UA52305299000026001006115957 у АТ КБ «Приватбанк», м.Київ

Вих. №12 від 15.02.2026 року

**АКТ**

**про впровадження результатів дисертації, поданої на здобуття  
наукового ступеню доктора філософії  
Лозінського Артема Васильовича**

**На тему: «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в  
умовах системної кризи світового господарства»**

Основні результати дисертаційної роботи **Лозінського Артема Васильовича** на тему «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» були впроваджені у практичній діяльності ТОВ «ЛОДЖІФЛОВ».

Автором визначено *провідні тенденції циркулярної трансформації*, що проявляються у зміні конфігурації матеріально-ресурсних потоків, перегляді підходів до поводження з відходами та ускладненні інструментарію циркулярних стратегій на рівні секторів і ланцюгів створення вартості. Обґрунтовано, що прискорення циркулярного переходу в сучасних умовах детермінується сукупністю взаємопов'язаних чинників: екологічних (ресурсні обмеження, забруднення, кліматичні ризики), економічних (втрати лінійної моделі, стимули до утримання вартості), технологічних (рішення з повернення матеріалів в обіг, цифрове управління потоками) та політико-регуляторних (норми й стимули переходу), при цьому соціальні, корпоративні, фінансові та освітні чинники виконують роль підсилювачів масштабування циркулярних практик.

Ці наукові доробки використано керівництвом ТОВ «ЛОДЖІФЛОВ» як аналітичну основу для визначення пріоритетних напрямів розвитку підприємства у логіці циркулярного переходу в умовах підвищеної нестабільності зовнішнього середовища.

Директор



Ярошинський Роман Євгенович

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
«МІЛІОН ФЛАВЕРС»**

21020, ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ, ВІННИЦЬКИЙ Р/Н, М. ВІННИЦЯ ВУЛ. МАТРОСА КІШКИ, буд. 10-А

КОД ЄДРПОУ 45031662

р/р № UA363052990000026000046111804 у АТ «Приватбанк», м.Київ

Вих. №1П/3 від 01.03.2026 року

**АКТ****про впровадження результатів дисертації, поданої на здобуття  
наукового ступеню доктора філософії  
Лозінського Артема Васильовича****На тему: «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи  
світового господарства»**

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи Лозінського Артема Васильовича на тему «Глобальні детермінанти розвитку циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства» були впроваджені у практичну діяльність ТОВ «Міліон Флаверс». Зокрема, у діяльності підприємства було використано запропонований у дисертації кризово-циркулярний механізм утримання вартості (КЦМУВ+) як аналітичну основу для обґрунтування та пріоритизації управлінських заходів, спрямованих на підвищення ресурсної ефективності та скорочення втрат у межах господарської діяльності підприємства в умовах нестабільності зовнішнього середовища.

Впроваджені положення можуть застосовуватися надалі для удосконалення планування та контролю відповідних процесів і підвищення стійкості операційної діяльності підприємства.

З повагою,  
Директор ТОВ «Міліон Флаверс»



Кириєнко О.С.

## ДОДАТОК Б

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України*

1. Савченко М. В., Лозінський А. В. Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства. *Актуальні проблеми економіки*. 2023. № 11 (269). С. 156-173. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2023/11/11.23._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-156-173.pdf)

*Особистий внесок здобувача: систематизація теоретичних засад циркулярно-орієнтованої моделі економіки; критичний аналіз наявних міжнародних та національних методичних підходів до оцінювання ЦЕ; обґрунтування потреби в універсальній інструментарії оцінювання, що враховує економічні, екологічні та соціальні аспекти сталого розвитку.*

2. Савченко М. В., Лозінський А. В. Вплив глобальних економічних криз на стратегії розвитку циркулярно-орієнтованої економіки. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 1 (271). С. 33-43. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24.\\_topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24._topicMarina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-33-43.pdf)

*Особистий внесок здобувача: обґрунтування впливу глобалізаційних економічних процесів та економічних криз на перехід до циркулярної моделі економіки; проведення оцінки сучасного стану впровадження принципів циркулярної економіки країнами світу.*

3. Савченко М. В., Лозінський А. В. Комплексна оцінка рівня циркулярності країни: методичний інструментарій та емпіричні результати для країн Європи. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7 (277). С. 349-369. URL: [https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24.\\_topic\\_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf](https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/07/7.24._topic_Marina-V.-Savchenko-Artem-V.-Lozinskyi-349-369.pdf)

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б

*Особистий внесок здобувача: розробка багаторівневої методики обчислення індексу циркулярності країни, що ґрунтується на трьох взаємопов'язаних рівнях оцінки: мікро-, мезо- та макроекономічному; побудова алгоритму розрахунку на основі нормування, еталонізації та експертного оцінювання; формування шкали інтерпретації отриманих значень індексу для стратифікації країн за зонами циркулярної деградації, трансформації, стабілізації та розвитку.*

4. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Трансформаційні процеси у виробничих галузях в умовах розвитку циркулярної економіки: глобальні тенденції. *Проблеми економіки*. 2024. № 4 (62). С. 44-55. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2024-4\\_0-pages-44\\_55.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2024-4_0-pages-44_55.pdf)

*Особистий внесок здобувача: виокремлення сучасних підходів та методів впровадження принципів циркулярної економіки у виробничі процеси.*

5. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Емпіричне дослідження впливу економічних, соціальних та екологічних предикторів на рівень циркулярності країн Європи. *Економіка і організація управління*. 2025. № 3(59). С. 123-139. URL: <https://jeou.donnu.edu.ua/article/view/18807>

*Особистий внесок здобувача: добір предикторів (економічних, соціальних, екологічних) та показників циркулярності; проведення кореляційного і регресійного аналізу та інтерпретація емпіричних результатів; формування висновків щодо ключових детермінант циркулярності країн Європи.*

6. Лозінський А. В. Системна криза світового господарства як рушійна сила розвитку циркулярної економіки. *Ефективна економіка*. 2026. № 2. URL: <https://www.nauka.com.ua/index.php/ee/article/view/9256/9407>

*Особистий внесок здобувача: формування авторської аналітичної моделі взаємозв'язку кризових факторів, інструментів циркулярної економіки та результатів переходу.*

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б

**Публікації за матеріалами конференцій**

1. Савченко М. В., Лозінський А. В. Історія становлення та розвиток концепції циркулярної економіки. Modern research in science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. PP. 474-480.

2. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Детермінанти розвитку глобальної циркулярної економіки. Праці XXIV Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (3 грудня 2024 р., м. Вінниця). Том II. Ред. кол. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2024. С. 39-42.

3. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Розвиток циркулярної економіки в умовах системної кризи світового господарства: виклики та структурні трансформації. Праці XXV Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих вчених «Проблеми розвитку соціально-економічних систем в національній та глобальній економіці» (02 квітня 2025 р., м. Вінниця). Том 2. Ред. кол. Орехова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 36-38

4. Шкурат М. Є., Лозінський А. В. Ієрархія та пріоритизація R-стратегій у циркулярній економіці: сутність та практичні орієнтири. Праці XXV Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання» (27 листопада 2025 р., м. Вінниця). Том 1. Ред. кол. Орехова Т.В. та ін. Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2025. С. 43-46

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Індикатори для створення показника ЦЕ

Категорії	Індикатори	Одиниці виміру
Виробництво та споживання	Коефіцієнт самозабезпеченості сировиною для виробництва	коефіцієнт
	Показник споживання сировини	Тонни на душу населення
	Продуктивність ресурсів	Євро за кілограм
	Утворення міських відходів на душу населення	Кілограми на душу населення
	Утворення відходів, за винятком основних мінеральних відходів на одиницю ВВП	Кілограми на тисячу євро
	Рівень утворення відходів, за винятком основних мінеральних відходів на побутове споживання матеріалів	Відсоток
	Утворення відходів упаковки на душу населення	Кілограми на душу населення
	Утворення відходів пластикової упаковки на душу населення	Кілограми на душу населення
Поводження з відходами	Обсяг переробки побутових відходів	Тисяч тонн
	Коефіцієнт переробки всіх відходів, за винятком основних мінеральних відходів	Коефіцієнт
	Коефіцієнт переробки відходів упаковки за видами тари	Коефіцієнт
	Коефіцієнт переробки електронних відходів	Коефіцієнт
	Переробка біовідходів	Кілограми на душу населення
	Коефіцієнт відновлення відходів будівництва та знесення	Коефіцієнт
Вторинна сировина	Коефіцієнт використання циркулярного матеріалу	Коефіцієнт
	Торгівля вторинною сировиною	Тонн
Конкурентоспроможність та інновації	Приватні інвестиції, робочі місця та валова додана вартість, пов'язані з секторами ЦЕ	Додана вартість за вартістю фактору – млн євро
	Патенти, що стосуються переробки та вторинної сировини	Штуки

Джерело: [227; 263 с. 96]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

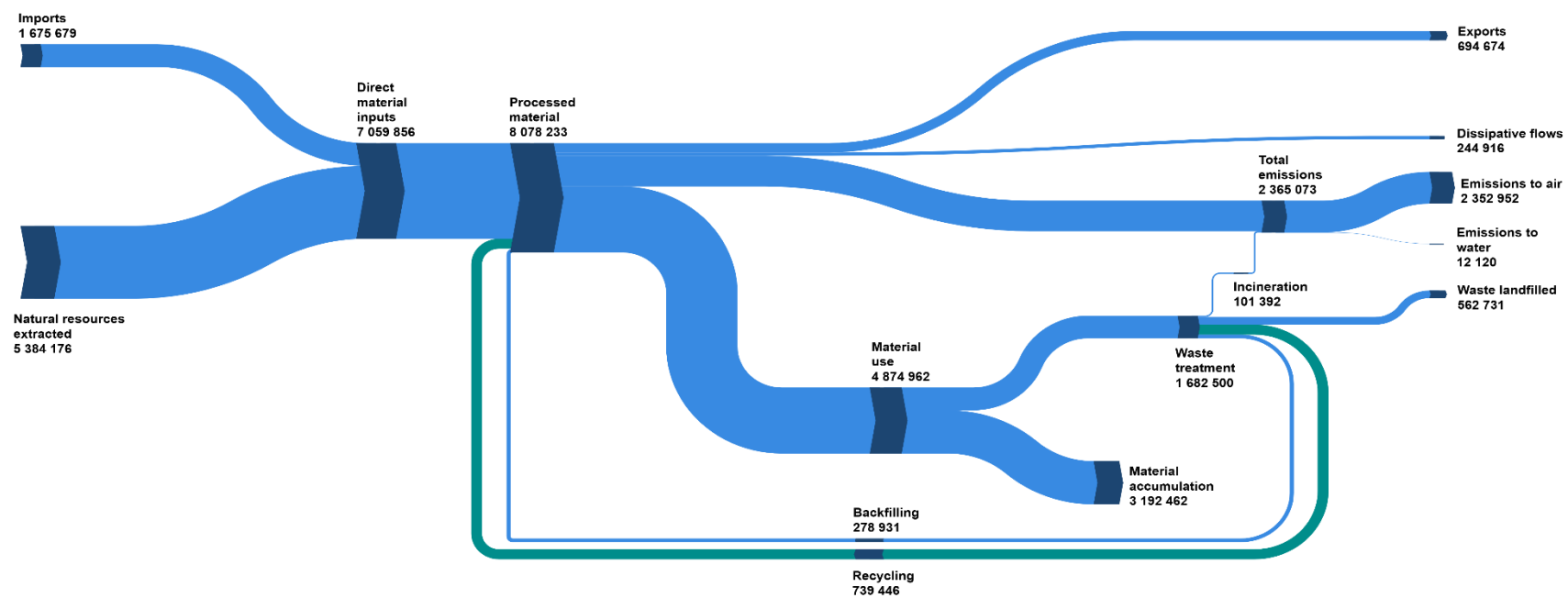


Рисунок В.1 – Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2023 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

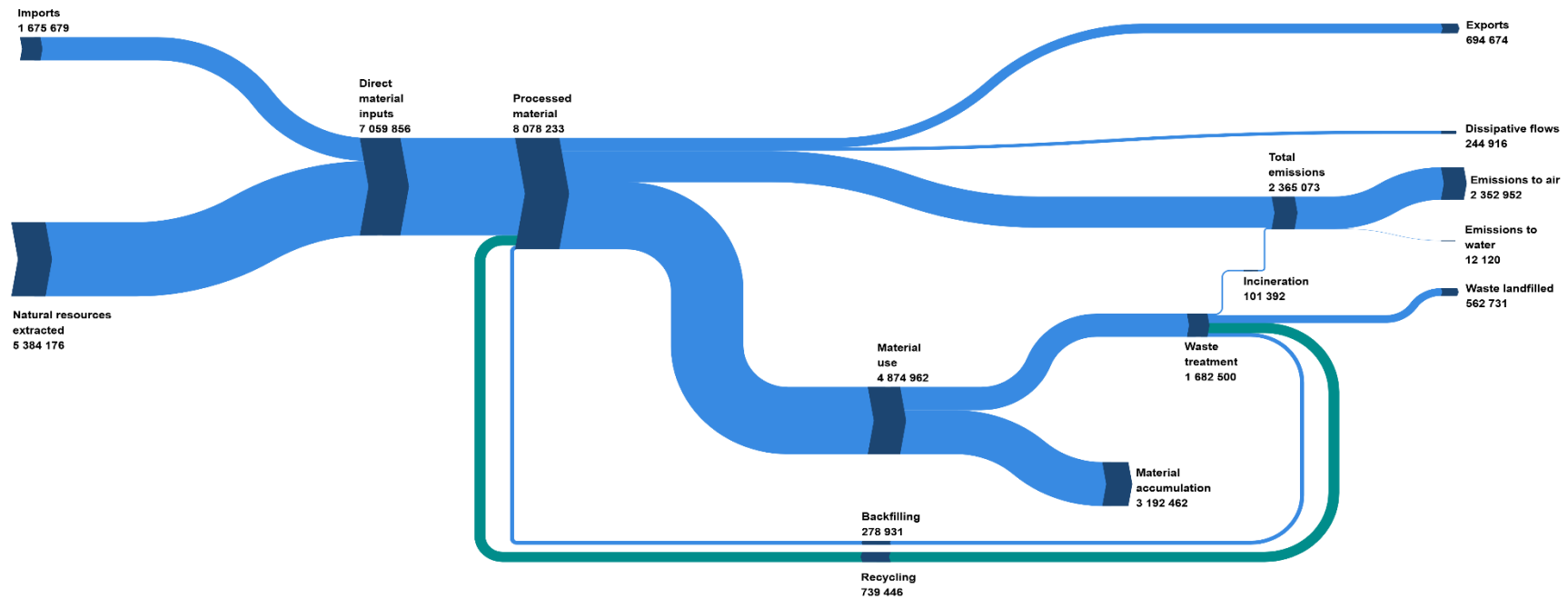


Рисунок В.2 – Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2022 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

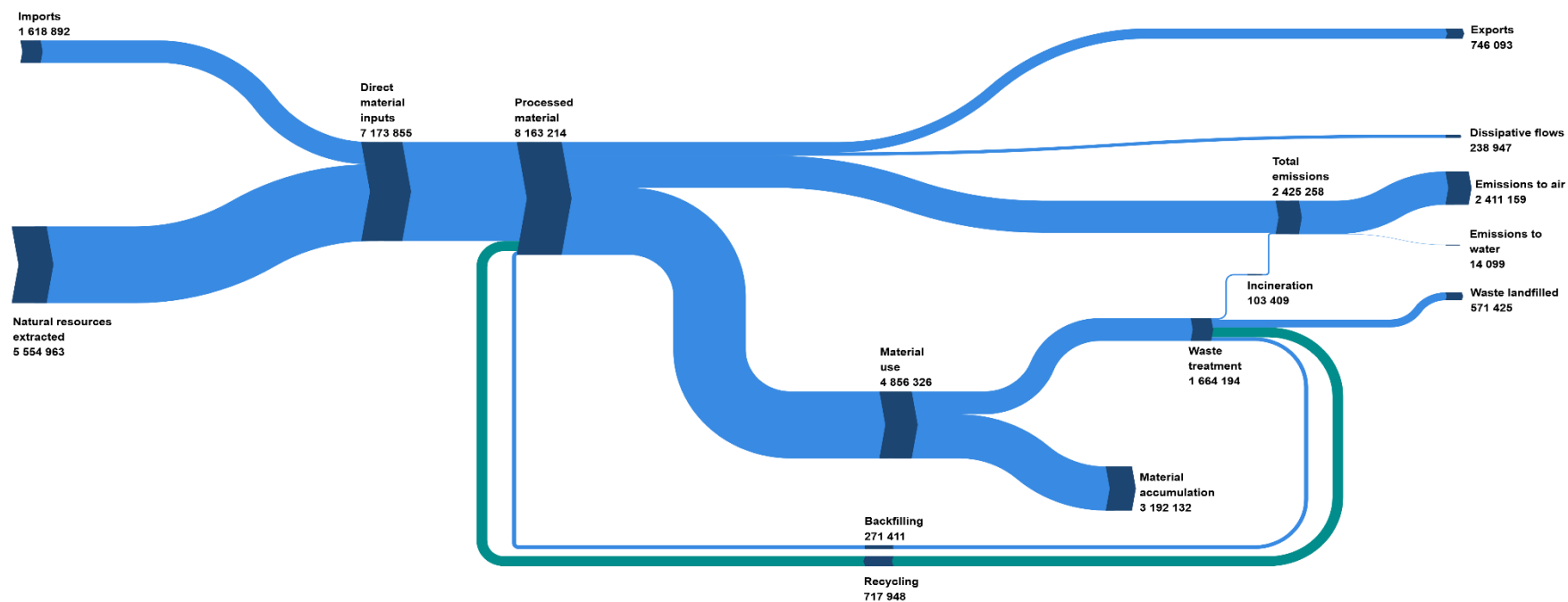


Рисунок В.3 – Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2021 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

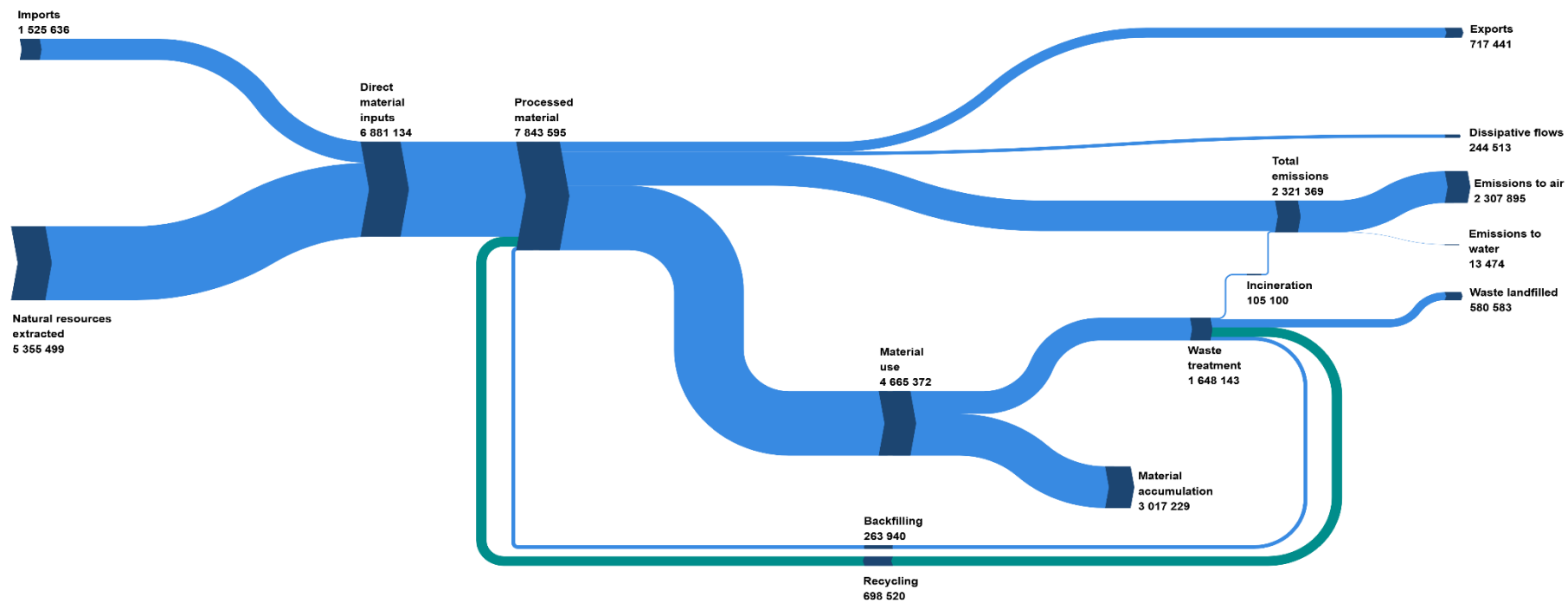


Рисунок В.4 – Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2020 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

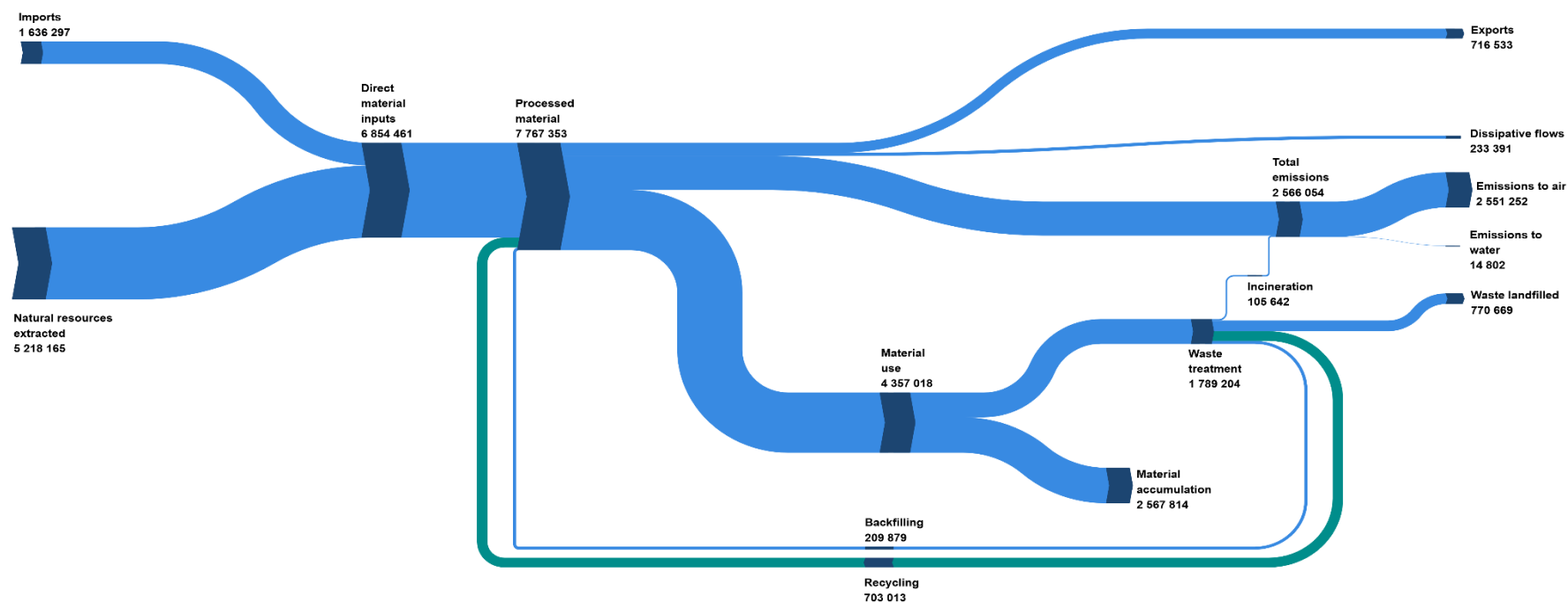


Рисунок В.5– Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2015 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

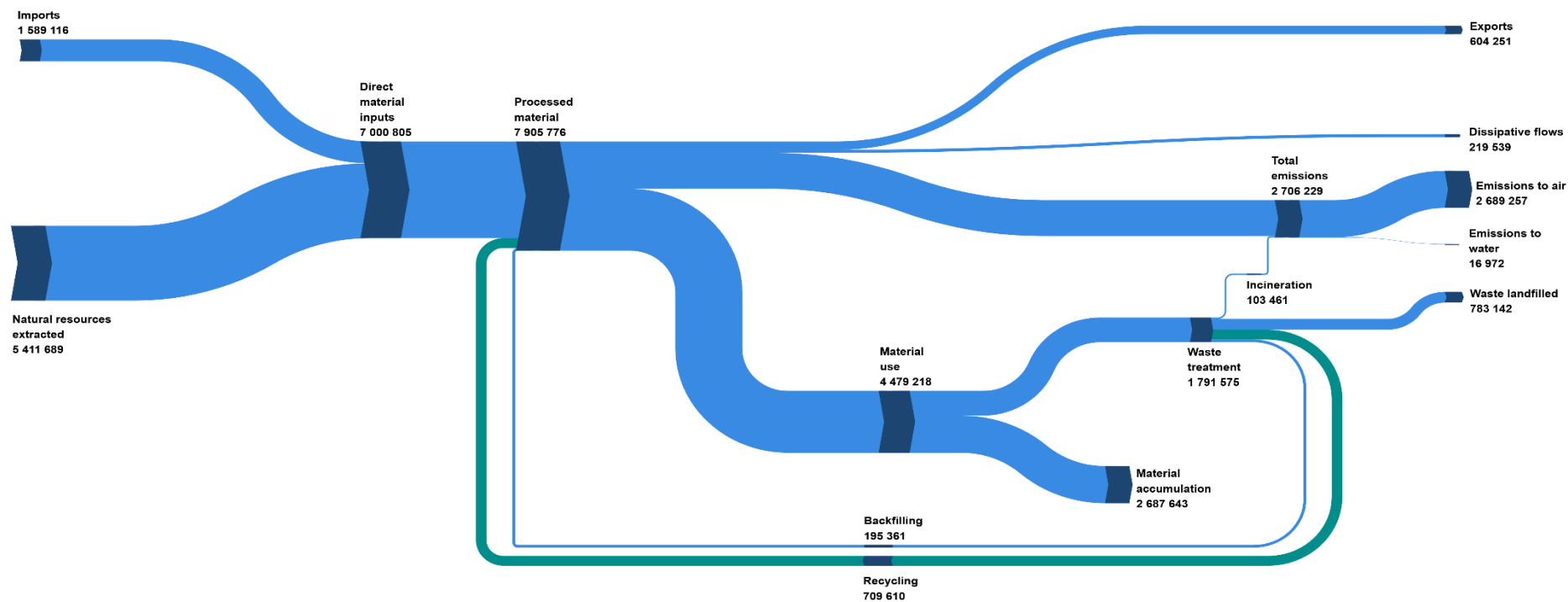


Рисунок В.6 – Діаграма Сенкі – матеріальні потоки в економіці ЄС у 2010 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

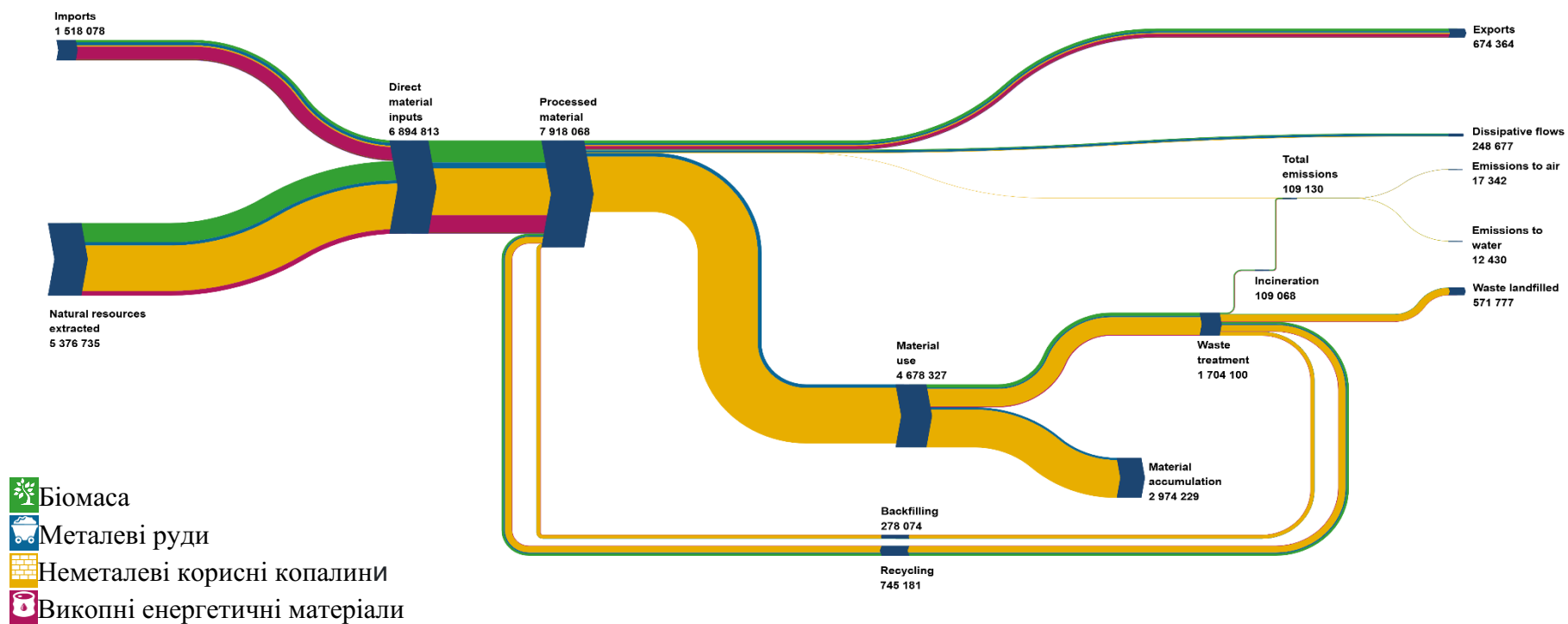


Рисунок В.7 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2023 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

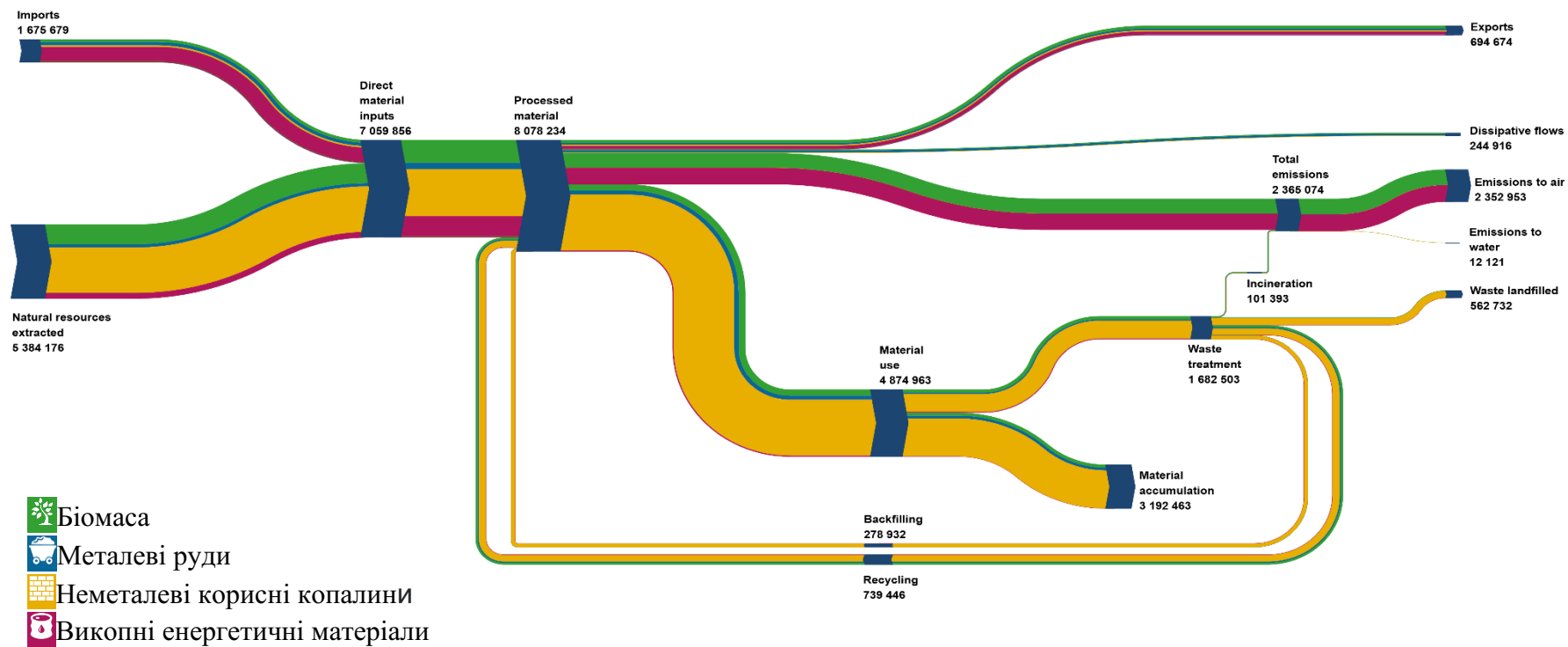


Рисунок В.8 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2022 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

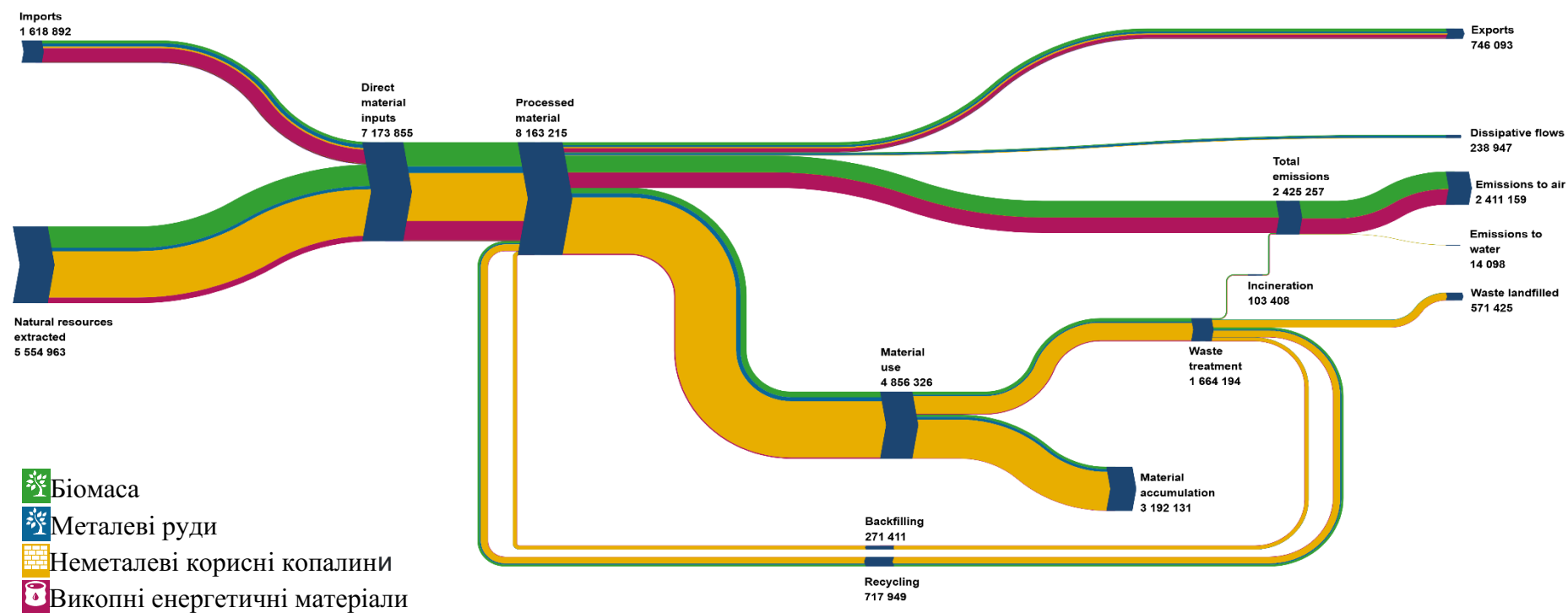


Рисунок В.9 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2021 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

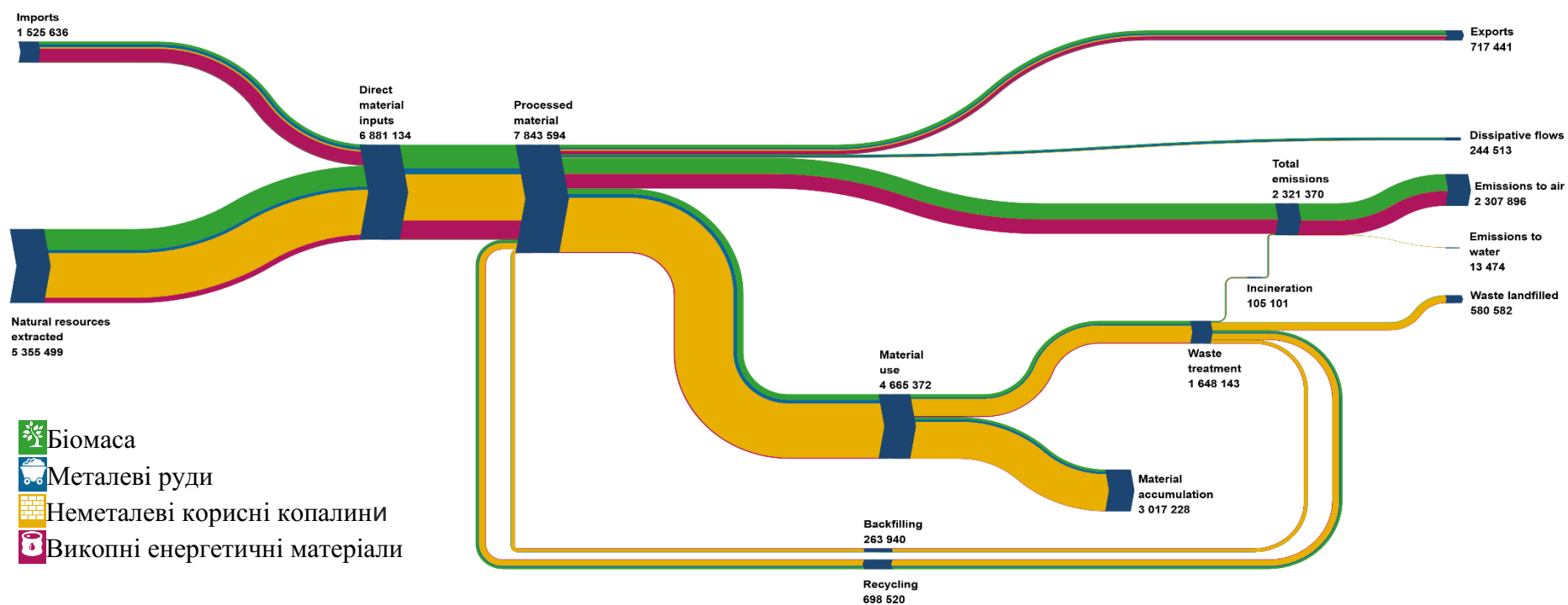


Рисунок В.10 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2020 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

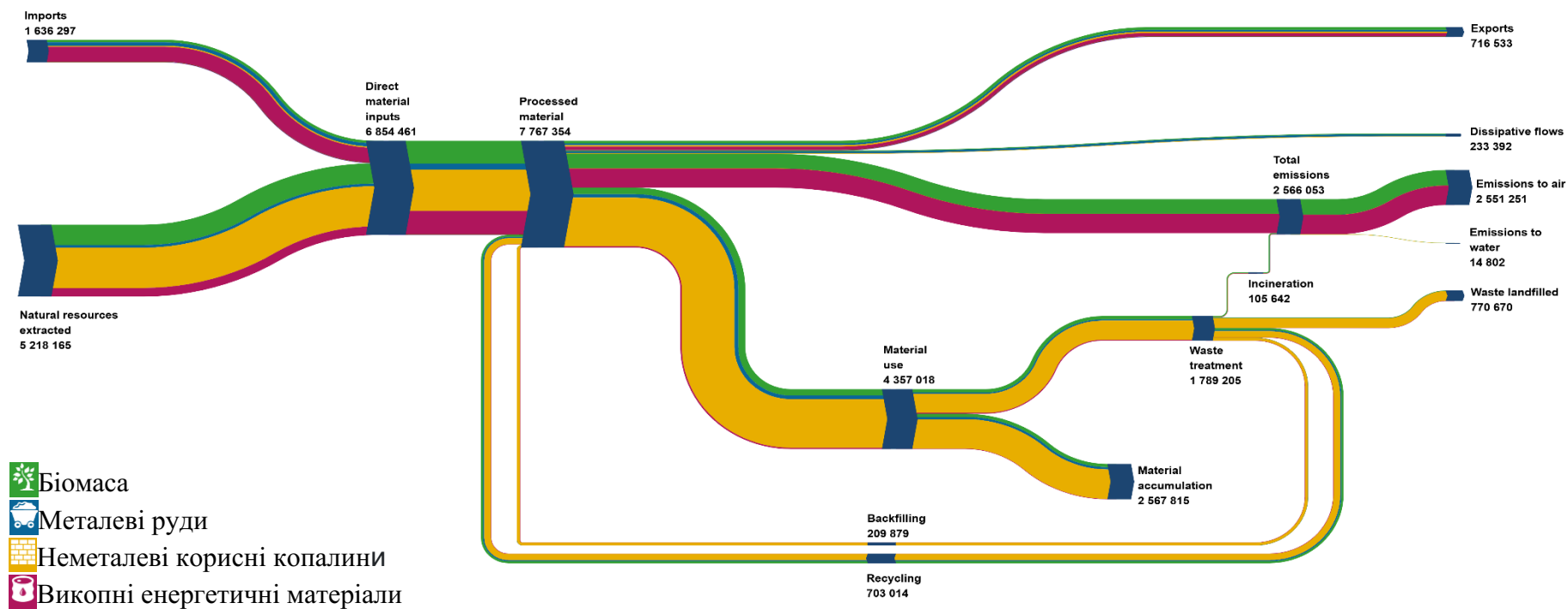


Рисунок В.11 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2015 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

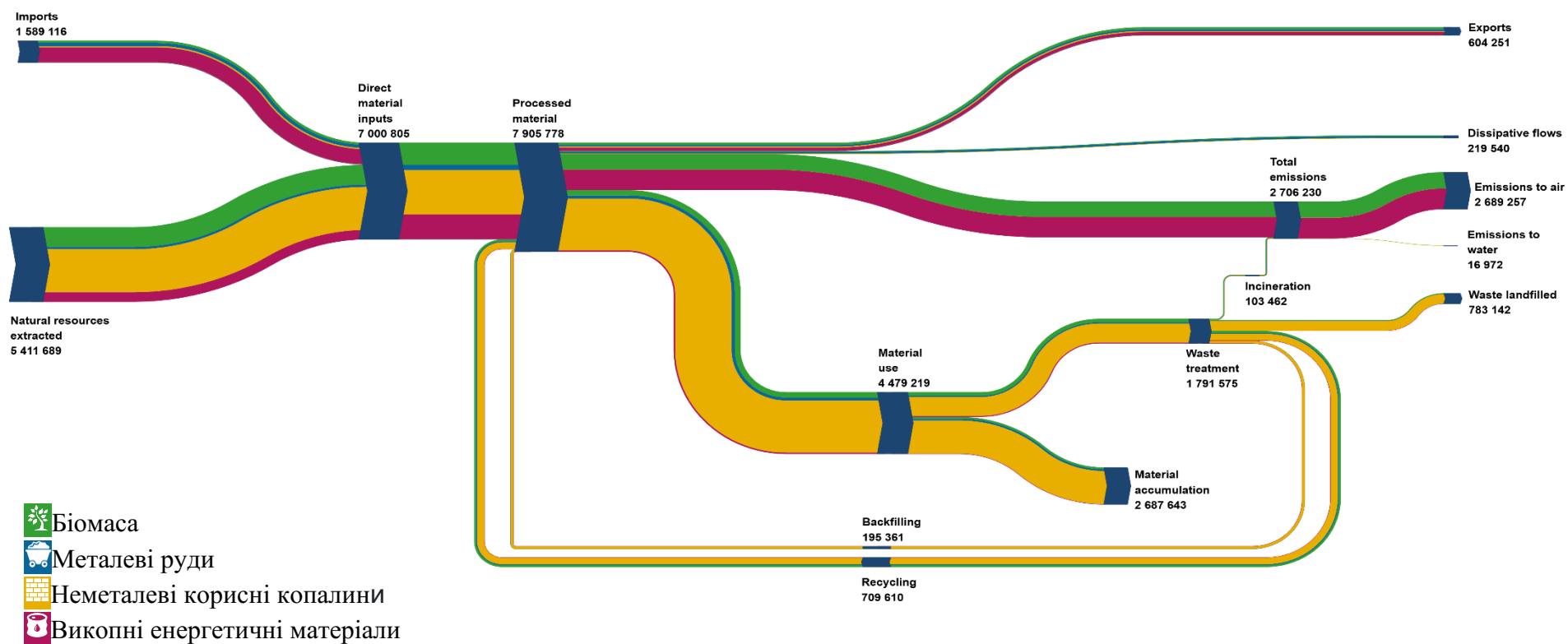


Рисунок В.12 – Матеріальні потоки діаграми Сенкі ЄС за категоріями у 2010 р.

Джерело: [264]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця В.2 – Порівняльний аналіз вітчизняних методичних інструментів оцінки циркулярності

Назва	Автор	Рік розробки	Характеристика	Переваги	Недоліки
Індекс ЦЕ (ІЦЕ)	А.О. Хмілевська, С. В. Войтко [265]	2022	ІЦЕ є комплексним показником, що інтегрує 13 індикаторів, згрупованих у чотири кластери: виробництво та споживання, поводження з відходами, вторинна сировина та конкурентоспроможність та інновації.	ІЦЕ є комплексним та порівняльним інструментом для оцінки прогресу країни у переході до ЦЕ. Враховуючи різні аспекти, що охоплюють виробництво, споживання, поводження з відходами, використання вторинної сировини та інноваційну діяльність, цей індекс дозволяє отримати системне розуміння досягнень та викликів, а також сприяє порівнянню з іншими європейськими країнами для запозичення кращих практик	Використання ІЦЕ для оцінки ЦЕ в країні стикається з низкою обмежень, включаючи потенційну обмеженість та якість доступних статистичних даних, а також неповне врахування специфіки економіки країн з перехідною економікою та екологічної ситуації, зумовлене розробкою індексу на основі європейських стандартів. Також індекс позбавлений індикаторів, що відображають якісні аспекти, такі як якість вторинної сировини та соціальні наслідки, що обмежує його комплексність
Методологічний підхід до вибору пріоритетних секторів в Україні	UNIDO [261]	2024	Грунтується на теорії визначення галузевих пріоритетів, що базується на найбільш поширених показниках для вимірювання важливості сектору в економіці, таких як	Підхід базується на загальноновизначених економічних показниках та адаптований до умов України, що постраждала від війни, що враховує не лише економічний, а й аспект сталого розвитку.	Використання стандартних показників може не враховувати унікальні особливості української економіки та інноваційні можливості певних секторів. Також, оцінка секторів базується на усереднених

			основні економічні показники ОЕСР [193] та Світового банку [43]		даних, які не завжди відображають реальний потенціал та можливості окремих підприємств чи регіонів.
Система показників для оцінювання дієвості стратегії ЦЕ	С. І. Страпчук [235]	2021	Базується на стратегіях звуження, закриття та відновлення ресурсних циклів, оцінюючи технічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти сталого розвитку. Перелік показників достатньо широкий, однак розрізняються за пріоритетами залежно від країни.	Забезпечує комплексний підхід до оцінки ефективності ЦЕ в аграрному секторі, охоплюючи різні аспекти сталого розвитку та враховуючи специфічні потреби сільського господарства, а також враховує окремі виміри сталого розвитку	У різних стратегіях не всі аспекти (технічні, економічні, екологічні, соціальні) вимірюються, що зумовлює неповну картину, та більшість досліджень обмежуються аналізом технічної ефективності, ігноруючи інші не менш важливі аспекти (особливо у соціальному вимірі). Крім того, вибір індикаторів обмежений доступністю даних, і у відкритому доступі є не всі дані (що є спільним для всіх країн)

*Джерело:* складено автором на основі [235; 261; 265]

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця В.2 – Характеристика індикаторів економічної циркулярності країни за рівнями

Код індикатора	Назва індикатора	Характеристика індикатора	Стимулятор/ Дестимулятор/ Нейтральний
1	2	3	4
<b>Індикатори макрорівня</b>			
<i>Емакро.1</i>	Продуктивність ресурсів в національній економіці, коефіцієнт ( $P_{рес}$ )	Характеризує ефективність використання матеріальних ресурсів у процесі виробництва товарів і надання послуг у межах національної економіки та визначається як: $P_{рес} = \frac{ВВП}{C_{вид} + I_c - E_c}$ $C_{вид}$ – обсяг видобутої сировини; $I_c$ – імпорт сировини до країни; $E_c$ – експорт сировини з країни; $ВВП$ – валовий внутрішній продукт	С
<i>Емакро.2</i>	Енергопродуктивність національної економіки, коефіцієнт ( $P_{енерг}$ )	Характеризує ефективність використання енергетичних ресурсів у процесі виробництва товарів і надання послуг у межах національної економіки та визначається як: $P_{енерг} = \frac{ВВП}{E_{вид} + I_{енерг} - E_{енерг}}$ $E_{вид}$ – обсяг виробленої енергії; $I_c$ – імпорт енергетичних ресурсів до країни; $E_c$ – експорт енергетичних ресурсів з країни; $ВВП$ – валовий внутрішній продукт	Н
<i>Емакро.3</i>	Рівень залежності країни від імпорту матеріалів, коефіцієнт ( $K_{зал\ імп}$ )	Відображає ступінь економічної вразливості країни до зовнішніх джерел постачання сировинних матеріалів, необхідних для виробничої та споживчої діяльності і розраховується за формулою: $K_{зал\ імп} = \frac{I_c}{ПМВ}$ $I_c$ – імпорт сировини до країни; $ПМВ$ – прямі матеріальні витрати	С
<b>Індикатори мезорівня</b>			
<i>Емезо.1</i>	Рівень екологічних податків, коефіцієнт ( $P_{пекл}$ )	Відображає частку податкових надходжень, пов'язаних з оподаткуванням діяльності, що має негативний вплив на довкілля, у	Н

		загальному обсязі ВВП, і розраховується за формулою: $P_{\text{Екл}} = \frac{P_{\text{Екл}}}{\text{ВВП}}$ <p><math>P_{\text{Екл}}</math> – податкові надходження, пов'язані з оподаткуванням діяльності, що має негативний вплив на довкілля;  ВВП – валовий внутрішній продукт</p>	
<i>Емезо.2</i>	Обсяг торгівлі сировиною, що підлягає вторинній переробці, т ( $T_{\text{сир.втор}}$ )	Вимірює обсяг відходів та побічних продуктів, що вивозяться з країни за п'ятьма класами: пластик; папір та картон; дорогоцінні метали; залізо та сталь; мідь, алюміній та нікель	С
<i>Емезо.3</i>	Екологічна прибутковість промислових підприємств, коефіцієнт ( $I_{\text{Екл.приб}}$ )	Характеризує частку прибутку підприємства, отриманий від впровадження циркулярних бізнес-моделей та розраховується: $I_{\text{Екл.приб}} = \frac{\text{ВДВ}}{\text{ВВП}}$ <p>ВДВ – валова додана вартість створена у секторы виробництва товарів і послуг, що використовуються в діяльності з охорони навколишнього середовища та управління ресурсами;  ВВП – валовий внутрішній продукт країни</p>	Н
<b>Індикатори мікрорівня</b>			
<i>Емікро.1</i>	Частка використання циркулярних матеріалів промисловими підприємствами, %	Вимірює частку матеріалів, що переробляються та повертаються в економіку, що дозволяє заощаджувати на видобутку первинної сировини, у загальному обсязі використаних матеріалів. Циркулярне використання матеріалів апроксимується кількістю відходів, перероблених на вітчизняних заводах з переробки, мінус імпортовані відходи, призначені для переробки, плюс експортовані відходи, призначені для переробки за кордоном	Н
<i>Емікро.2</i>	Рівень приватних інвестицій у сектор, коефіцієнт ЦЕ ( $P_{\text{ПЦЕ}}$ )	Характеризує інтенсивність залучення приватного інвестиційного капіталу у проекти, спрямовані на впровадження принципів ЦЕ, у співвідношенні до обсягу ВВП і розраховується як: $P_{\text{ПЦЕ}} = \frac{\text{ПЦЕ}}{\text{ВВП}}$ <p><math>\text{ПЦЕ}</math> – приватні інвестиції у сектор циркулярної економіки;  ВВП – валовий внутрішній продукт</p>	С
<i>Емікро.3</i>	Інтенсивність викидів у повітря	Вимірює інтенсивність викидів дрібних твердих частинок з	Д

	<p>від діяльності промислових підприємств країни, г/євро</p> $\left( \frac{\text{вик}}{\text{інт}} \right)$	<p>виробничого сектору економіки країни і розраховується як:</p> $\frac{\text{вик}}{\text{інт}} = \frac{V_{\text{пром.підпр}}}{\text{ВДВ}}$ <p><math>V_{\text{пром.підпр}}</math> – обсяг викидів промислового сектору економіки країни, т;  ВДВ – валова додана вартість, тис. євро</p>	
--	---	--	--

*Джерело:* складено автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця В.3 – Характеристика індикаторів соціальної циркулярності країни за рівнями

Код індикатора	Назва індикатора	Характеристика індикатора	Стимулятор/ Дестимулятор/ Нейтральний
1	2	3	4
<b>Індикатори макрорівня</b>			
<b>Смакро.1</b>	Рівень витрат на соціальний захист, % ( $P_{V_{\text{соц.зах}}}$ )	Характеризує масштаби державної участі в забезпеченні соціального добробуту громадян країни і розраховується за формулою: $P_{V_{\text{соц.зах}}} = \frac{V_{\text{соц.зах}}}{\text{ВВП}}$ $V_{\text{соц.зах}}$ – обсяги витрат на соціальний захист; ВВП – валовий внутрішній продукт	С
<b>Смакро.2</b>	Чисельність осіб, які перебувають під загрозою бідності або соціальної ізоляції, тис. осіб	Характеризує чисельність осіб, чий дохід менший за прожитковий мінімум у країні	Н
<b>Смакро.3</b>	Рівень довгострокового безробіття, % ( $\text{б.довго}$ )	Відображає частку економічно активного населення, що перебуває без роботи тривалий період, найчастіше понад 12 місяців, серед загальної кількості безробітних, і розраховується за формулою: $\text{б.довго} = \frac{Ч_{\text{б.довго}}}{Ч_3} \times 100$ $Ч_{\text{б.довго}}$ – чисельність економічно активного населення, що перебуває без роботи тривалий період, найчастіше понад 12 місяців; $Ч_3$ – чисельність зайнятих	Д
<b>Індикатори мезорівня</b>			
<b>Смезо.1</b>	Рівень ризику бідності серед безробітних, %	Вимірює чисельність безробітних осіб (віком 18 років і старше), які мають еквівалентний дохід, що знаходиться в межах порогу ризику бідності, у відсотках від загального рівня безробіття. Поріг ризику бідності встановлено на рівні 60 % від національного медіанного еквівалентного доходу, що знаходиться в межах країни (після соціальних виплат). Індикатор розраховується за формулою:	Д

		$P_{\text{бідн}} = \frac{Ч_{\text{бідн}}}{Ч_{\text{без}}} \times 100$ <p> <math>Ч_{\text{бідн}}</math> – чисельність безробітних осіб (віком 18 років і старше), які мають еквівалентний дохід, що знаходиться в межах порогу ризику бідності;  <math>Ч_{\text{без}}</math> – чисельність безробітних </p>	
<b>Смезо.2</b>	Кількість патентів, пов'язаних з переробкою та вторинною сировиною, одиниць	Вимірює кількість патентів, пов'язаних з переробкою та вторинною сировиною.	С
<b>Смезо.3</b>	Частка персоналу, що займається НДДКР, % (НДДКР)	<p>Вимірює частку персоналу, що займається дослідженнями та розробками (НДДКР) в еквівалентах повної зайнятості як частка робочої сили і розраховується як:</p> $\text{НДДКР} = \frac{Ч_{\text{НДДКР}}}{Ч}$ <p> <math>Ч_{\text{НДДКР}}</math> – чисельність персоналу, що займається дослідженнями та розробками (НДДКР);  <math>Ч</math> – чисельність, зайнятих в промисловості </p>	С
<b>Індикатори мікрорівня</b>			
<b>Смікро.1</b>	Рівень споживання енергії в домогосподарствах на душу населення, кг нафтового еквіваленту (КГОЕ) /осіб ( $P_{\text{спож}}^{\text{енерг}}$ )	<p>Вимірює, скільки електроенергії та тепла споживає кожен громадянин вдома, за винятком енергії, яка використовується на транспорт, і розраховується як:</p> $P_{\text{спож}}^{\text{енерг}} = \frac{E_{\text{спож}}}{N}$ <p> <math>E_{\text{спож}}</math> – обсяг спожитої енергії в домогосподарствах, кг нафтового еквіваленту (КГОЕ);  <math>N</math> – чисельність населення країни, осіб </p>	Н
<b>Смікро.2</b>	Особи, зайняті у секторі ЦЕ, осіб	Вимірює кількість зайнятих осіб у таких трьох секторах: сектор переробки, сектор ремонту та повторного використання, а також сектор оренди та лізингу. Кількість зайнятих осіб визначається як загальна кількість осіб, які працюють в одиниці спостереження, тобто на підприємстві (включаючи працюючих власників, партнерів, які регулярно працюють на підприємстві, та неоплачуваних членів сім'ї), а також осіб, які працюють поза підприємством, які належать до нього та отримують від нього оплату, наприклад, торгових представників, персонал доставки,	С

		бригади з ремонту та технічного обслуговування.	
<b>Смікро.3</b>	Частка населення, підключене щонайменше до вторинної очистки стічних вод, %	Вимірює відсоток населення, підключеного до систем очищення стічних вод, що мають принаймні вторинне очищення. У такій системі стічні води очищуються процесом, який зазвичай включає біологічне очищення з вторинним відстоюванням або іншим процесом, що призводить до видалення органічних речовин, що зменшує біохімічне споживання кисню (БСК) щонайменше на 70% та хімічне споживання кисню (ХСК) щонайменше на 75%	С

*Джерело:* складено автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця В.4 – Характеристика індикаторів екологічної циркулярності країни за рівнями

Код індикатора	Назва індикатора	Характеристика індикатора	Стимулятор/ Дестимулятор/ Нейтральний
1	2	3	4
<b>Індикатори макрорівня</b>			
<b>ЕклМакро.1</b>	Споживчий слід	Характеризує вплив споживання країни на навколишнє середовище, поєднуючи дані про інтенсивність споживання та вплив репрезентативних продуктів на навколишнє середовище	Д
<b>ЕклМакро.2</b>	Рівень утворення відходів на душу населення, т / осіб ( $P_{\text{відх}}$ )	Визначається обсяг відходів, що утворюються в країні, включаючи основні мінеральні відходи за всіма видами діяльності (в тому числі домогосподарства) на душу населення країни і розраховується як: $P_{\text{відх}} = \frac{\text{Відх}}{N}$ Відх – обсяг відходів, утворених у країні; N – чисельність населення країни, осіб	Д
<b>ЕклМакро.3</b>	Втрати від зміни клімату, млн євро	Вимірює економічні втрати від погодних та кліматичних подій	С
<b>Індикатори мезорівня</b>			
<b>ЕклМезо.1</b>	Рівень переробки побутових відходів, коефіцієнт ( $P_{\text{перероб}}^{\text{відх побут}}$ )	Характеризує частку перероблених побутових відходів у загальному обсязі утворених побутових відходів. Переробка включає переробку матеріалів, компостування та анаеробне розкладання. Показник розраховується за формулою: $P_{\text{перероб}}^{\text{відх побут}} = \frac{V_{\text{побут}}^{\text{перер}}}{V_{\text{побут}}}$ $V_{\text{побут}}^{\text{перер}}$ – обсяг перероблених побутових відходів, т; $V_{\text{побут}}$ – обсяг побутових відходів	С
<b>ЕклМезо.2</b>	Викиди парникових газів від виробничої діяльності на душу населення, кг / осіб ( $P_{\text{вик}}^{\text{вир}}$ )	Відоображає рівень викидів парникових газів від усієї виробничої діяльності, що здійснюється в економіці країни, вимірюється в кілограмах $\text{CO}_2$ -еквіваленту на душу населення і розраховується за формулою: $P_{\text{вик}}^{\text{вир}} = \frac{\text{Викиди}_{\text{вир}}}{N}$	Д

		Викиди <sub>вир</sub> – обсяг викидів парникових газів від усієї виробничої діяльності, що здійснюється в економіці країни; Н – чисельність населення країни, осіб	
<i>ЕклМезо.3</i>	Матеріальний слід	Кількісно визначає світовий попит на видобуток матеріалів (біомасу, металевих руд, неметалевих корисних копалин та викопних енергетичних матеріалів /носіїв), що виникає внаслідок споживання домогосподарствами, урядами та підприємствами. Він відображає кількість матеріалу в еквіваленті сировини (ЕСМ), необхідного для виробництва продукції, що споживається в країні	Н
<b>Індикатори мікрорівня</b>			
<i>ЕклМікро.1</i>	Індекс екологічності виробничого циклу, коефіцієнт (I <sub>зам.ВЦ</sub> )	Характеризує ступінь замкнутості виробничого циклу для підприємства і розраховується як відношення обсягу перероблених та (або) повторно використаних відходів для підприємства, до загальної маси утворених відходів: $I_{\text{зам.ВЦ}} = \frac{V_{\text{перероб}}}{V_{\text{заг}}}$ V <sub>перероб</sub> – обсяг перероблених та (або) повторно використаних відходів для підприємства, т; V <sub>заг</sub> – загальна маса утворених відходів підприємства, т	Н
<i>ЕклМікро.2</i>	Індекс чистоти енергоспоживання, коефіцієнт (I <sub>чист.енерг</sub> )	Вимірює частку споживання генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії у валовому кінцевому споживанні енергії відповідно до Директиви про відновлювану енергетику і розраховується як: $I_{\text{чист.енерг}} = \frac{E_{\text{відн}}}{E_{\text{заг}}}$ E <sub>відн</sub> – обсяг вироблення енергії з відновлюваних джерел, кВт год.; E <sub>заг</sub> – сукупний обсяг споживання електроенергії підприємством, кВт·год.	С
<i>ЕклМікро.3</i>	Рівень водокористування, коефіцієнт (I <sub>вод</sub> )	Забезпечує вимірювання загального споживання води у відсотках від відновлюваних ресурсів прісної води, доступних для певної території. Він кількісно визначає, скільки води забирається та скільки води повертається в навколишнє середовище економічними секторами до або після	Н

		<p>використання. Різниця між обсягами забору води та поверненням води вважається «споживанням води». За відсутності загальноєвропейських узгоджених офіційних цілей значення вище 20% зазвичай вважаються ознакою дефіциту води, тоді як значення, що дорівнюють або перевищують 40%, вказують на ситуації гострого дефіциту води, що означає нестійке використання ресурсів прісної води розраховується як:</p> $I_{\text{водо}} = \frac{\text{Водо}C_{\text{заг}}}{\text{Водо}C_{\text{повт}}}$ <p>ВодоC<sub>повт</sub> – обсяг оборотної, повторно-послідовно використаної води для підприємства, тис. м<sup>3</sup>;  ВодоC<sub>заг</sub> – сукупний обсяг водоспоживання для підприємства, тис. м<sup>3</sup></p>	
--	--	--	--

*Джерело:* складено автором

Таблиця В.7 – Одиничні індикатори економічної циркулярності країн Європи у 2023 р.

Країни	<i>Емакро.1</i>	<i>Емакро.2</i>	<i>Емакро.3</i>	<i>Емезо.1</i>	<i>Емезо.2</i>	<i>Емезо.3</i>	<i>Емікро.1</i>	<i>Емікро.2</i>	<i>Емікро.3</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<b>Belgium</b>	2,8439	7,84	75,6	2,32	1 363 116	1,54	19,7	1,3	0,06
<b>Bulgaria</b>	0,3886	2,94	16,1	3,35	302 390	1,53	4,9	0,4	0,28
<b>Czechia</b>	1,2178	5,23	32,4	1,56	51 923	1,76	12,8	0,6	0,03
<b>Denmark</b>	2,3567	18,81	39,8	2,05	1 817 183	2,78	9,1	0,8	0,01
<b>Germany</b>	3,0421	11,84	37,5	1,71	3 529 796	2,21	13,9	0,9	0,02
<b>Estonia</b>	0,6372	4,64	19,2	2,61	23 658	3,22	18,1	0,7	0,10
<b>Ireland</b>	4,0196	26,16	33,5	0,96	1 843 127	0,85	2,3	0,2	0,01
<b>Greece</b>	1,7108	8,94	39,4	4,11	1 190 987	2,49	5,2	0,1	0,17
<b>Spain</b>	3,1287	9,94	42	1,64	4 912 742	2,21	8,5	0,5	0,09
<b>France</b>	3,1634	10,23	35,3	1,77	4 048 134	1,97	17,6	0,8	0,07
<b>Croatia</b>	1,2327	6,68	36,9	3,3	910 284	1,28	6,2	0,4	0,11
<b>Italy</b>	3,5887	11,8	48	2,55	3 474 989	3,65	20,8	0,5	0,07
<b>Cyprus</b>	1,3609	9,48	32,7	2,11	152 817	1,48	5,4	0,2	0,22
<b>Latvia</b>	0,8965	5,66	28,6	2,43	679 362	2,65	5,0	0,6	0,41
<b>Lithuania</b>	0,7949	6,02	34,2	1,61	495 055	2,23	3,9	0,6	0,06
<b>Luxembourg</b>	4,5348	15,08	88,7	1,28	32 526	2,95	10,2	1,3	0,04
<b>Hungary</b>	0,9564	5,69	24,1	2,16	397 448	0,37	5,9	0,6	0,07
<b>Malta</b>	2,8235	4,52	70,9	1,54	3 167	0,64	19,8	0,4	0,01
<b>Netherlands</b>	5,4637	10,46	82,7	2,81	5 709 245	2,86	30,6	1,1	0,04
<b>Austria</b>	2,5426	10,93	41,5	2,01	323 993	4,20	14,3	1,1	0,01
<b>Poland</b>	0,863	5,69	19,9	2,56	4 241 737	1,72	7,5	0,6	0,12
<b>Portugal</b>	1,2699	8,98	29,6	2,01	847 375	2,72	2,8	0,7	2,45
<b>Romania</b>	0,3461	6,35	8,1	2,25	910 125	1,76	1,3	0,4	0,15
<b>Slovenia</b>	1,3809	7,72	41,5	2,80	1 275 506	1,13	8,8	0,2	0,08
<b>Slovakia</b>	1,5287	5,48	43,3	2,00	70 480	1,63	10,6	0,5	0,04
<b>Finland</b>	0,9787	6,1	16,1	2,26	55 395	4,99	2,4	0,4	0,06
<b>Sweden</b>	2,1862	10,07	23,6	2,01	1 109 316	3,90	9,9	0,5	0,04
<b>Iceland</b>	2,8797	2,63	58,4	1,81	н/д	2,87	н/д	н/д	0,24
<b>Norway</b>	3,2456	14,87	11,8	1,45	н/д	3,09	н/д	н/д	0,14
<b>Switzerland</b>	8,3123	н/д	46,7	1,19	н/д	3,12	н/д	н/д	0,01
<b>Bosnia and Herzegovina</b>	0,4895	2,45	22,5	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,71
<b>Montenegro</b>	н/д	4,11	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	0,38
<b>North Macedonia</b>	0,5187	3,32	29	н/д	н/д	0,53	н/д	н/д	н/д

<b>Albania</b>	0,5851	5,12	22,8	н/д	н/д		н/д	н/д	н/д
<b>Serbia</b>	0,3345	2,65	14,5	н/д	н/д	0,48	н/д	н/д	н/д
<b>Kosovo*</b>	н/д	2,52	14,5	н/д	н/д		н/д	н/д	н/д
<b>Türkiye</b>	1,1123	6,85	20,8	н/д	н/д	2,29	н/д	н/д	н/д
<b>максимум</b>	8,31	26,16	88,70	4,11	5709245	4,99	30,60	1,30	2,45
<b>мінімум</b>	0,33	2,45	8,10	0,96	3167	0,37	1,30	0,10	0,01

*Джерело: розраховано автором*

Таблиця В.8 – Одиничні індикатори соціальної циркулярності країн Європи у 2023 р.

Країни	<i>Смакро.1</i>	<i>Смакро.2</i>	<i>Смакро.3</i>	<i>Смезо.1</i>	<i>Смезо.2</i>	<i>Смезо.3</i>	<i>Смікро.1</i>	<i>Смікро.2</i>	<i>Смікро.3</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<b>Belgium</b>	28,55	2 150	2,2	41,5	5,7	2,48	591	61 760	83,94
<b>Bulgaria</b>	18,38	1 933	2,3	56,8	0,2	0,86	317	95 233	68,80
<b>Czechia</b>	20,03	1 247	0,8	54,4	6,5	1,7	591	137 827	86,38
<b>Denmark</b>	27,95	1 056	0,5	39,6	5,7	2,36	698	41 556	98,51
<b>Germany</b>	31,31	17 886	1,0	46,5	68,7	1,91	635	771 814	97,15
<b>Estonia</b>	17,88	327	1,3	44,7	1,0	1,24	683	54 510	81,95
<b>Ireland</b>	10,20	988	1,1	35,4	3,9	1,46	479	36 056	65,16
<b>Greece</b>	24,24	2 658	6,2	48	0,9	1,6	363	76 522	95,58
<b>Spain</b>	26,56	12 552	4,3	46,2	19,0	1,19	287	428 345	87,06
<b>France</b>	35,47	13 518	1,8	43	35,3	1,67	531	537 036	79,67
<b>Croatia</b>	22,41	772	2,1	45,2	0,3	1	577	66 309	33,40
<b>Italy</b>	31,06	13 392	4,2	46,3	32,4	1,34	468	507 749	63,43
<b>Cyprus</b>	19,94	153	1,8	34,8	1,0	0,46	351	13 849	83,48
<b>Latvia</b>	19,35	476	1,8	53,9	0,0	0,72	574	32 971	81,88
<b>Lithuania</b>	16,74	695	2,3	59,5	1,0	0,98	533	61 452	77,90
<b>Luxembourg</b>	22,34	139	1,7	39,9	2,5	1,84	686	21 482	97,00
<b>Hungary</b>	16,06	1 872	1,4	44,6	2,0	1,25	560	109 363	84,46
<b>Malta</b>	14,73	105	0,8	41,7	1,0	0,74	206	8 145	0,97
<b>Netherlands</b>	28,32	2 770	0,5	56,5	27,2	1,98	431	110 564	99,71
<b>Austria</b>	31,98	1 592	1,1	50,3	9,7	2,13	721	65 849	99,89
<b>Poland</b>	22,21	5 972	0,8	44,8	17,8	1,15	542	411 141	78,81
<b>Portugal</b>	24,97	2 104	2,5	46,7	3,9	1,54	285	117 372	111,40
<b>Romania</b>	16,77	6 033	2,2	68,6	8,4	0,44	396	198 459	56,43
<b>Slovenia</b>	24,14	287	1,4	49,8	1,0	1,78	490	29 463	69,20
<b>Slovakia</b>	18,69	943	3,8	52,9	2,0	0,89	447	64 966	72,08
<b>Finland</b>	30,15	866	1,6	49,4	15,8	2,19	982	41 773	85,43
<b>Sweden</b>	27,18	1 932	1,6	55,4	14,3	2,25	669	79 323	96,29
<b>Iceland</b>	26,48	43	0,3	9,6	0,0	1,87	1175	н/д	3,87
<b>Norway</b>	20,56	858	0,5	42,2	4,0	1,91	847	н/д	73,08
<b>Switzerland</b>	30,23	1 699	1,3	37,6	2,0	1,9	н/д	н/д	98,00
<b>Bosnia and Herzegovina</b>	18,36	н/д	9,6	42,8	0,0	0,14	519	н/д	30,52
<b>Montenegro</b>	н/д	211	13,4	40,3	0,0	0,24	413	н/д	н/д
<b>North Macedonia</b>	15,04	676	12,4	45,1	0,0	0,22	259	н/д	н/д

<b>Albania</b>	н/д	1 320		38,9	0,0	н/д	0	н/д	34,57
<b>Serbia</b>	н/д	1 799	3,8	50,9	0,0	0,82	512	н/д	15,22
<b>Kosovo*</b>	н/д	н/д	н/д	40,6	5,0	н/д	0	н/д	0,55
<b>Türkiye</b>	8,44	25 790	2	31	н/д	0,86	301	н/д	62,88
<b>максимум</b>	35,47	25790	13,40	68,60	68,71	2,48	1175	771814	111,40
<b>мінімум</b>	8,44	43	0,30	9,60	0,00	0,14	0	8145	0,55

*Джерело: розраховано автором*

Таблиця В.9 – Одиничні індикатори екологічної циркулярності країн Європи у 2023 р.

Країни	<i>ЕклМакро.1</i>	<i>ЕклМакро.2</i>	<i>ЕклМакро.3</i>	<i>ЕклМезо.1</i>	<i>ЕклМезо.2</i>	<i>ЕклМезо.3</i>	<i>ЕклМікро.1</i>	<i>ЕклМікро.2</i>	<i>ЕклМікро.3</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<b>Belgium</b>	107	5784,317	99	55,07	0,011	13,821	87	14,741	3,24
<b>Bulgaria</b>	117	14714,150	23	25,42	0,070	21,287	27	22,549	1,08
<b>Czechia</b>	110	3807,093	22	49,90	0,025	18,604	62	18,586	3,27
<b>Denmark</b>	115	3494,836	167	46,69	0,033	21,925	64	44,396	4,96
<b>Germany</b>	101	4884,580	2 163	70,43	0,002	14,535	55	21,562	3,56
<b>Estonia</b>	111	16897,626	4	34,98	0,201	29,894	14	40,950	1,85
<b>Ireland</b>	110	1882,317	260	48,56	0,022	11,792	45	15,253	1,01
<b>Greece</b>	101	2708,703	3 872	19,08	0,029	11,672	27	25,269	12,04
<b>Spain</b>	115	2219,772	7 132	43,39	0,003	8,173	49	24,852	7,62
<b>France</b>	107	4957,015	3 130	42,57	0,002	13,527	46	22,283	3,52
<b>Croatia</b>	115	1878,491	151	36,76	0,058	15,189	73	28,051	0,23
<b>Italy</b>	100	3239,185	15 741	56,13	0,002	10,519	74	19,594	12,63
<b>Cyprus</b>	116	2696,825	1	13,59	0,246	20,714	44	20,213	71,16
<b>Latvia</b>	103	1393,041	17	52,64	0,133	19,563	110	43,223	0,20
<b>Lithuania</b>	111	2045,582	466	51,95	0,097	23,028	91	31,926	0,54
<b>Luxembourg</b>	134	13520,632	145	57,09	0,140	32,05	67	14,355	0,66
<b>Hungary</b>	110	2845,594	30	34,66	0,024	15,672	62	17,117	2,79
<b>Malta</b>	146	5035,547	2	12,47	0,314	5,838	29	15,077	33,35
<b>Netherlands</b>	111	7183,513	113	58,11	0,007	6,019	74	17,420	3,84
<b>Austria</b>	108	8247,946	396	64,56	0,013	22,031	64	40,844	1,99
<b>Poland</b>	121	4958,238	1	42,25	0,012	15,837	52	16,564	6,10
<b>Portugal</b>	124	1643,788	42	31,23	0,017	16,461	34	35,163	9,30
<b>Romania</b>	112	10054,307	16	12,66	0,014	33,157	39	25,757	21,35
<b>Slovenia</b>	101	5598,055	9 935	66,88	0,083	22,791	88	25,066	0,57
<b>Slovakia</b>	114	2179,704	4	58,05	0,045	13,808	68	16,990	0,23
<b>Finland</b>	99	21604,115	59	44,79	0,026	46,56	39	50,750	0,62
<b>Sweden</b>	101	16632,343	92	37,72	0,007	22,09	46	66,393	0,28
<b>Iceland</b>	н/д	3687,823	н/д	24,17	0,582	н/д	32	н/д	0,15
<b>Norway</b>	н/д	2699,152	390	41,54	0,022	н/д	48	75,613	0,07
<b>Switzerland</b>	н/д	н/д	422	52,61	0,004	14,905	21	н/д	0,67
<b>Bosnia and Herzegovina</b>	н/д	1907,724	н/д	0,80	н/д	н/д	16	н/д	3,11
<b>Montenegro</b>	н/д	2154,158	н/д	4,38	н/д	н/д	14	40,883	н/д

<b>North Macedonia</b>	н/д	570,209	н/д	н/д	н/д	н/д	18	20,214	3,32
<b>Albania</b>	н/д	245,000	н/д	19,35	н/д	н/д	10	46,620	1,04
<b>Serbia</b>	н/д	21346,468	н/д	19,78	0,105	19,105	7	25,428	1,18
<b>Kosovo*</b>	н/д	2104,900	н/д	4,21	н/д	н/д	2	н/д	41,92
<b>Türkiye</b>	н/д	1349,099	91	13,80	0,005	н/д	23	н/д	14,48
<b>максимум</b>	146	21 604	15 741	70,43	0,582	46,560	110	75,613	71,16
<b>мінімум</b>	99	245	1	0,00	0,002	0,000	2	14,355	0,07

*Джерело:* розраховано автором на основі [264]

Таблиця В.10 – Результати розрахунку блочного індексу економічної циркулярності ( $I_{ЕЦК}$ ) країн Європи у 2023 р.

Країни	Нормовані індикатори									Блочний індекс економічної циркулярності ( $I_{ЕЦК}$ )
	<i>Емакро.1</i>	<i>Емакро.2</i>	<i>Емакро.3</i>	<i>Емезо.1</i>	<i>Емезо.2</i>	<i>Емезо.3</i>	<i>Емікро.1</i>	<i>Емікро.2</i>	<i>Емікро.3</i>	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<b>Belgium</b>	0,315	0,227	0,163	0,568	0,238	0,253	0,628	1,000	0,978	<b>0,544</b>
<b>Bulgaria</b>	0,007	0,021	0,901	0,241	0,052	0,250	0,123	0,250	0,886	<b>0,333</b>
<b>Czechia</b>	0,111	0,117	0,699	0,810	0,009	0,301	0,392	0,417	0,990	<b>0,453</b>
<b>Denmark</b>	0,253	0,690	0,607	0,654	0,318	0,523	0,266	0,583	0,998	<b>0,558</b>
<b>Germany</b>	0,339	0,396	0,635	0,762	0,618	0,397	0,430	0,667	0,994	<b>0,592</b>
<b>Estonia</b>	0,038	0,092	0,862	0,476	0,004	0,618	0,573	0,500	0,962	<b>0,494</b>
<b>Ireland</b>	0,462	1,000	0,685	1,000	0,322	0,103	0,034	0,083	1,000	<b>0,513</b>
<b>Greece</b>	0,173	0,274	0,612	0,000	0,208	0,458	0,133	0,000	0,932	<b>0,328</b>
<b>Spain</b>	0,350	0,316	0,579	0,784	0,860	0,397	0,246	0,333	0,964	<b>0,513</b>
<b>France</b>	0,355	0,328	0,663	0,743	0,709	0,345	0,556	0,583	0,973	<b>0,594</b>
<b>Croatia</b>	0,113	0,178	0,643	0,257	0,159	0,197	0,167	0,250	0,958	<b>0,356</b>
<b>Italy</b>	0,408	0,394	0,505	0,495	0,608	0,710	0,666	0,333	0,975	<b>0,569</b>
<b>Cyprus</b>	0,129	0,296	0,695	0,635	0,026	0,240	0,140	0,083	0,912	<b>0,361</b>
<b>Latvia</b>	0,070	0,135	0,746	0,533	0,119	0,494	0,126	0,417	0,832	<b>0,394</b>
<b>Lithuania</b>	0,058	0,151	0,676	0,794	0,086	0,402	0,089	0,417	0,978	<b>0,411</b>
<b>Luxembourg</b>	0,526	0,533	0,000	0,898	0,005	0,558	0,304	1,000	0,987	<b>0,565</b>
<b>Hungary</b>	0,078	0,137	0,801	0,619	0,069	0,000	0,157	0,417	0,974	<b>0,396</b>
<b>Malta</b>	0,312	0,087	0,221	0,816	0,000	0,058	0,631	0,250	0,997	<b>0,412</b>
<b>Netherlands</b>	0,643	0,338	0,074	0,413	1,000	0,539	1,000	0,833	0,986	<b>0,676</b>
<b>Austria</b>	0,277	0,358	0,586	0,667	0,056	0,829	0,444	0,833	0,997	<b>0,587</b>
<b>Poland</b>	0,066	0,137	0,854	0,492	0,743	0,293	0,212	0,417	0,953	<b>0,462</b>
<b>Portugal</b>	0,117	0,275	0,733	0,667	0,148	0,509	0,051	0,500	0,000	<b>0,302</b>
<b>Romania</b>	0,001	0,164	1,000	0,590	0,159	0,299	0,000	0,250	0,941	<b>0,385</b>
<b>Slovenia</b>	0,131	0,222	0,586	0,416	0,223	0,164	0,256	0,083	0,967	<b>0,359</b>
<b>Slovakia</b>	0,150	0,128	0,563	0,670	0,012	0,271	0,317	0,333	0,984	<b>0,407</b>
<b>Finland</b>	0,081	0,154	0,901	0,587	0,009	1,000	0,038	0,250	0,978	<b>0,429</b>
<b>Sweden</b>	0,232	0,321	0,808	0,667	0,194	0,765	0,294	0,333	0,986	<b>0,509</b>
<b>Iceland</b>	0,319	0,008	0,376	0,730	0,000	0,541	0,000	0,000	0,904	<b>0,302</b>
<b>Norway</b>	0,365	0,524	0,954	0,844	0,000	0,590	0,000	0,000	0,945	<b>0,452</b>
<b>Switzerland</b>	1,000	0,000	0,521	0,927	0,000	0,594	0,000	0,000	0,999	<b>0,429</b>

<b>Bosnia and Herzegovina</b>	0,019	0,000	0,821	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,710	<b>0,205</b>
<b>Montenegro</b>	0,000	0,070	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,845	<b>0,135</b>
<b>North Macedonia</b>	0,023	0,037	0,747	0,000	0,000	0,034	0,000	0,000	0,000	<b>0,096</b>
<b>Albania</b>	0,031	0,113	0,818	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,112</b>
<b>Serbia</b>	0,000	0,008	0,921	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	<b>0,110</b>
<b>Kosovo*</b>	0,000	0,003	0,921	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,108</b>
<b>Türkiye</b>	0,097	0,186	0,842	0,000	0,000	0,415	0,000	0,000	0,000	<b>0,159</b>

*Джерело:* розраховано автором на основі табл. В.7 Додатку В

Таблиця В.11 – Результати розрахунку блочного індексу соціальної циркулярності (І<sub>СЦК</sub>) країн Європи у 2023 р.

Країни	Нормовані індикатори									Блочний індекс соціальної циркулярності (І <sub>СЦК</sub> )
	<i>Смакро.1</i>	<i>Смакро.2</i>	<i>Смакро.3</i>	<i>Смезо.1</i>	<i>Смезо.2</i>	<i>Смезо.3</i>	<i>Смікро.1</i>	<i>Смікро.2</i>	<i>Смікро.3</i>	
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>II</i>
<b>Belgium</b>	0,744	0,918	0,855	0,459	0,084	1,000	0,497	0,070	0,752	<b>0,618</b>
<b>Bulgaria</b>	0,368	0,927	0,847	0,200	0,004	0,308	0,730	0,114	0,616	<b>0,462</b>
<b>Czechia</b>	0,429	0,953	0,962	0,241	0,094	0,667	0,497	0,170	0,774	<b>0,543</b>
<b>Denmark</b>	0,722	0,961	0,985	0,492	0,083	0,949	0,406	0,044	0,884	<b>0,636</b>
<b>Germany</b>	0,846	0,307	0,947	0,375	1,000	0,756	0,460	1,000	0,871	<b>0,724</b>
<b>Estonia</b>	0,349	0,989	0,924	0,405	0,015	0,470	0,419	0,061	0,734	<b>0,500</b>
<b>Ireland</b>	0,065	0,963	0,939	0,563	0,057	0,564	0,592	0,037	0,583	<b>0,496</b>
<b>Greece</b>	0,584	0,898	0,550	0,349	0,014	0,624	0,691	0,090	0,857	<b>0,520</b>
<b>Spain</b>	0,670	0,514	0,695	0,380	0,277	0,449	0,756	0,550	0,780	<b>0,555</b>
<b>France</b>	1,000	0,477	0,885	0,434	0,513	0,654	0,548	0,693	0,714	<b>0,662</b>
<b>Croatia</b>	0,517	0,972	0,863	0,397	0,005	0,368	0,509	0,076	0,296	<b>0,467</b>
<b>Italy</b>	0,837	0,482	0,702	0,378	0,472	0,513	0,602	0,654	0,567	<b>0,579</b>
<b>Cyprus</b>	0,425	0,996	0,885	0,573	0,015	0,137	0,701	0,007	0,748	<b>0,508</b>
<b>Latvia</b>	0,404	0,983	0,885	0,249	0,001	0,248	0,511	0,033	0,734	<b>0,461</b>
<b>Lithuania</b>	0,307	0,975	0,847	0,154	0,015	0,359	0,546	0,070	0,698	<b>0,450</b>
<b>Luxembourg</b>	0,514	0,996	0,893	0,486	0,037	0,726	0,416	0,017	0,870	<b>0,568</b>
<b>Hungary</b>	0,282	0,929	0,916	0,407	0,029	0,474	0,523	0,133	0,757	<b>0,503</b>
<b>Malta</b>	0,233	0,998	0,962	0,456	0,015	0,256	0,825	0,000	0,004	<b>0,437</b>
<b>Netherlands</b>	0,736	0,894	0,985	0,205	0,396	0,786	0,633	0,134	0,895	<b>0,643</b>
<b>Austria</b>	0,871	0,940	0,939	0,310	0,141	0,850	0,386	0,076	0,896	<b>0,622</b>
<b>Poland</b>	0,509	0,770	0,962	0,403	0,259	0,432	0,539	0,528	0,706	<b>0,571</b>
<b>Portugal</b>	0,611	0,920	0,832	0,371	0,056	0,598	0,757	0,143	1,000	<b>0,590</b>
<b>Romania</b>	0,308	0,767	0,855	0,000	0,123	0,128	0,663	0,249	0,504	<b>0,401</b>
<b>Slovenia</b>	0,581	0,991	0,916	0,319	0,015	0,701	0,583	0,028	0,619	<b>0,546</b>
<b>Slovakia</b>	0,379	0,965	0,733	0,266	0,029	0,321	0,620	0,074	0,645	<b>0,455</b>
<b>Finland</b>	0,803	0,968	0,901	0,325	0,229	0,876	0,164	0,044	0,766	<b>0,593</b>
<b>Sweden</b>	0,693	0,927	0,901	0,224	0,207	0,902	0,431	0,093	0,864	<b>0,600</b>

<b>Iceland</b>	0,667	1,000	1,000	1,000	0,000	0,739	0,000	0,000	0,030	<b>0,543</b>
<b>Norway</b>	0,448	0,968	0,985	0,447	0,058	0,756	0,279	0,000	0,654	<b>0,535</b>
<b>Switzerland</b>	0,806	0,936	0,924	0,525	0,029	0,752	1,000	0,000	0,879	<b>0,659</b>
<b>Bosnia and Herzegovina</b>	0,367	0,000	0,290	0,437	0,000	0,000	0,558	0,000	0,270	<b>0,209</b>
<b>Montenegro</b>	0,000	0,000	0,000	0,480	0,000	0,043	0,649	0,000	0,000	<b>0,245</b>
<b>North Macedonia</b>	0,244	0,975	0,076	0,398	0,000	0,034	0,780	0,000	0,000	<b>0,285</b>
<b>Albania</b>	0,000	0,950	0,000	0,503	0,000	0,000	1,000	0,000	0,307	<b>0,297</b>
<b>Serbia</b>	0,000	0,932	0,733	0,300	0,000	0,291	0,564	0,000	0,132	<b>0,342</b>
<b>Kosovo*</b>	0,000	0,000	0,000	0,475	0,073	0,000	1,000	0,000	0,000	<b>0,145</b>
<b>Türkiye</b>	0,000	0,000	0,870	0,637	0,000	0,308	0,744	0,000	0,562	<b>0,338</b>

*Джерело:* розраховано автором на основі табл. В.8 Додатку В

Таблиця В.12 – Результати розрахунку блочного індексу екологічної циркулярності ( $I_{\text{ЕклЦК}}$ ) країн Європи у 2023 р.

Країни	Нормовані індикатори									Блочний індекс екологічної циркулярності ( $I_{\text{ЕклЦК}}$ )
	<i>ЕклМакро.1</i>	<i>ЕклМакро.2</i>	<i>ЕклМакро.3</i>	<i>ЕклМезо.1</i>	<i>ЕклМезо.2</i>	<i>ЕклМезо.3</i>	<i>ЕклМікро.1</i>	<i>ЕклМікро.2</i>	<i>ЕклМікро.3</i>	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<b>Belgium</b>	0,830	0,741	0,994	0,782	0,984	0,703	0,759	0,006	0,955	<b>0,768</b>
<b>Bulgaria</b>	0,617	0,323	0,999	0,361	0,882	0,543	0,495	0,134	0,986	<b>0,599</b>
<b>Czechia</b>	0,766	0,833	0,999	0,709	0,959	0,600	0,518	0,069	0,955	<b>0,733</b>
<b>Denmark</b>	0,660	0,848	0,989	0,663	0,946	0,529	0,425	0,490	0,931	<b>0,732</b>
<b>Germany</b>	0,957	0,783	0,863	1,000	1,000	0,688	0,000	0,118	0,951	<b>0,739</b>
<b>Estonia</b>	0,745	0,220	1,000	0,497	0,657	0,358	0,323	0,434	0,975	<b>0,581</b>
<b>Ireland</b>	0,766	0,923	0,984	0,690	0,965	0,747	0,135	0,015	0,987	<b>0,721</b>
<b>Greece</b>	0,957	0,885	0,754	0,271	0,954	0,749	0,362	0,178	0,832	<b>0,683</b>
<b>Spain</b>	0,660	0,908	0,547	0,616	0,997	0,824	0,338	0,171	0,894	<b>0,678</b>
<b>France</b>	0,830	0,779	0,801	0,604	1,000	0,709	0,617	0,129	0,951	<b>0,728</b>
<b>Croatia</b>	0,660	0,924	0,990	0,522	0,903	0,674	0,630	0,224	0,998	<b>0,737</b>
<b>Italy</b>	0,979	0,860	0,000	0,797	0,999	0,774	0,310	0,086	0,823	<b>0,642</b>
<b>Cyprus</b>	0,638	0,885	1,000	0,193	0,579	0,555	1,000	0,096	0,000	<b>0,573</b>
<b>Latvia</b>	0,915	0,946	0,999	0,747	0,774	0,580	0,805	0,471	0,998	<b>0,812</b>
<b>Lithuania</b>	0,745	0,916	0,970	0,738	0,836	0,505	0,549	0,287	0,993	<b>0,740</b>
<b>Luxembourg</b>	0,255	0,378	0,991	0,811	0,762	0,312	0,502	0,000	0,992	<b>0,560</b>
<b>Hungary</b>	0,766	0,878	0,998	0,492	0,961	0,663	0,157	0,045	0,962	<b>0,686</b>
<b>Malta</b>	0,000	0,776	1,000	0,177	0,462	0,875	0,625	0,012	0,532	<b>0,507</b>
<b>Netherlands</b>	0,745	0,675	0,993	0,825	0,990	0,871	0,518	0,050	0,947	<b>0,755</b>
<b>Austria</b>	0,809	0,625	0,975	0,917	0,980	0,527	0,398	0,432	0,973	<b>0,750</b>
<b>Poland</b>	0,532	0,779	1,000	0,600	0,982	0,660	0,208	0,036	0,915	<b>0,659</b>
<b>Portugal</b>	0,468	0,935	0,997	0,443	0,974	0,646	0,264	0,340	0,870	<b>0,677</b>
<b>Romania</b>	0,723	0,541	0,999	0,180	0,978	0,288	0,773	0,186	0,701	<b>0,605</b>
<b>Slovenia</b>	0,957	0,749	0,369	0,950	0,860	0,511	0,565	0,175	0,993	<b>0,690</b>
<b>Slovakia</b>	0,681	0,909	1,000	0,824	0,925	0,703	0,262	0,043	0,998	<b>0,731</b>
<b>Finland</b>	1,000	0,000	0,996	0,636	0,959	0,000	0,336	0,594	0,992	<b>0,612</b>
<b>Sweden</b>	0,957	0,233	0,994	0,536	0,990	0,526	0,000	0,849	0,997	<b>0,682</b>
<b>Iceland</b>	0,000	0,839	0,000	0,343	0,000	0,000	0,000	0,000	0,999	<b>0,236</b>
<b>Norway</b>	0,000	0,885	0,975	0,590	0,964	0,000	0,000	1,000	1,000	<b>0,597</b>
<b>Switzerland</b>	0,000	0,000	0,973	0,747	0,995	0,680	0,000	0,000	0,992	<b>0,495</b>

<b>Bosnia and Herzegovina</b>	0,000	0,922	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,957	<b>0,204</b>
<b>Montenegro</b>	0,000	0,911	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000	0,433	0,000	<b>0,162</b>
<b>North Macedonia</b>	0,000	0,985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,096	0,954	<b>0,219</b>
<b>Albania</b>	0,000	1,000	0,000	0,275	0,000	0,000	0,000	0,527	0,986	<b>0,295</b>
<b>Serbia</b>	0,000	0,012	0,000	0,281	0,822	0,590	0,000	0,181	0,984	<b>0,304</b>
<b>Kosovo*</b>	0,000	0,913	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,411	<b>0,160</b>
<b>Türkiye</b>	0,000	0,948	0,994	0,196	0,994	0,000	0,000	0,000	0,797	<b>0,457</b>

*Джерело:* розраховано автором на основі табл. В.9 Додатку В

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця В.6 – Анкета для визначення ступеня впливу складових циркулярності країни на її загальний рівень \*

№	Складові циркулярності країни	Відповіді					
		0	1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Економічна складова циркулярності країни</b>	0	1	2	3	4	5
	1.1. Економічна складова циркулярності країни за макрорівнем	0	1	2	3	4	5
	1.2. Економічна складова циркулярності країни за мезорівнем	0	1	2	3	4	5
	1.3. Економічна складова циркулярності країни за мікрорівнем	0	1	2	3	4	5
<b>2</b>	<b>Соціальна складова циркулярності країни</b>	0	1	2	3	4	5
	2.1. Соціальна складова циркулярності країни за макрорівнем	0	1	2	3	4	5
	2.2. Соціальна складова циркулярності країни за мезорівнем	0	1	2	3	4	5
	2.3. Соціальна складова циркулярності країни за мікрорівнем	0	1	2	3	4	5
<b>3</b>	<b>Екологічна складова циркулярності країни</b>	0	1	2	3	4	5
	3.1. Екологічна складова циркулярності країни за макрорівнем	0	1	2	3	4	5
	3.2. Екологічна складова циркулярності країни за мезорівнем	0	1	2	3	4	5
	3.3. Екологічна складова циркулярності країни за мікрорівнем	0	1	2	3	4	5

\* - потрібно відмітити за значимість від 0 до 5, де 0 – нічого не важить, 5 – висока ступінь впливу

Джерело: складено автором

Таблиця Д.1 – ВВП та індикатори циркулярності країни Європи, 2023 р.

Країни	ВВП, млн дол.	Продуктивність ресурсів	Енергопродуктивність	Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	Частка персоналу, що займається НДКР.	Рівень витрат на соціальний захист	Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	Рівень переробки побутових відходів	Індекс чистоти енергоспоживання	Рівень водокористування
Belgium	596202,7	2,844	7,840	0,059	2,480	28,551	83,937	55,067	14,741	3,237
Bulgaria	94709,3	0,389	2,940	0,283	0,860	18,381	68,804	25,425	22,549	1,081
Czechia	319099,1	1,218	5,230	0,030	1,700	20,031	86,379	49,901	18,586	3,265
Denmark	374173,6	2,357	18,810	0,010	2,360	27,954	98,513	46,689	44,396	4,962
Germany	4185550	3,042	11,840	0,019	1,910	31,306	97,151	70,432	21,562	3,561
Estonia	38187,8	0,637	4,640	0,098	1,240	17,878	81,947	34,976	40,950	1,850
Ireland	524728,8	4,020	26,160	0,005	1,460	10,204	65,165	48,564	15,253	1,013
Greece	225196,9	1,711	8,940	0,172	1,600	24,235	95,581	19,075	25,269	12,045
Spain	1498324	3,129	9,940	0,092	1,190	26,559	87,061	43,390	24,852	7,622
France	2826541,5	3,163	10,230	0,070	1,670	35,474	79,665	42,573	22,283	3,517
Croatia	78060,4	1,233	6,680	0,108	1,000	22,409	33,395	36,762	28,051	0,231
Italy	2131390	3,589	11,800	0,067	1,340	31,061	63,433	56,130	19,594	12,630
Cyprus	31340	1,361	9,480	0,219	0,460	19,941	83,480	13,594	20,213	71,163
Latvia	39372,4	0,897	5,660	0,414	0,720	19,349	81,879	52,640	43,223	0,201
Lithuania	73792,8	0,795	6,020	0,059	0,980	16,744	77,895	51,945	31,926	0,540
Luxembourg	80991,9	4,535	15,080	0,038	1,840	22,335	97,000	57,095	14,355	0,663
Hungary	197902	0,956	5,690	0,070	1,250	16,062	84,455	34,660	17,117	2,786
Malta	20545,9	2,824	4,520	0,012	0,740	14,735	0,967	12,470	15,077	33,351
Netherlands	1050133	5,464	10,460	0,039	1,980	28,324	99,706	58,109	17,420	3,842
Austria	473226,7	2,543	10,930	0,012	2,130	31,980	99,892	64,560	40,844	1,990
Poland	751931,7	0,863	5,690	0,121	1,150	22,210	78,806	42,246	16,564	6,100

Portugal	267923,2	1,270	8,980	2,446	1,540	24,966	111,397	31,234	35,163	9,301
Romania	324368,6	0,346	6,350	0,150	0,440	16,765	56,434	12,664	25,757	21,353
Slovenia	63951,2	1,381	7,720	0,085	1,780	24,142	69,198	66,877	25,066	0,569
Slovakia	123833,2	1,529	5,480	0,044	0,890	18,691	72,081	58,052	16,990	0,232
Finland	272874	0,979	6,100	0,058	2,190	30,145	85,428	44,787	50,750	0,617
Sweden	535176,8	2,186	10,070	0,040	2,250	27,182	96,288	37,723	66,393	0,281
Iceland	29314,7	2,880	2,630	0,240	1,870	26,481	3,871	24,170	0,000	0,154
Norway	446533,8	3,246	14,870	0,140	1,910	20,563	73,077	41,537	75,613	0,069
Switzerland	826951,8	8,312	0,000	0,007	1,900	30,231	98,000	52,605	0,000	0,672
Bosnia and Herzegovina	25 523,8	0,490	2,450	0,712	0,140	18,358	30,521	0,800	0,000	3,114
Montenegro	6 963,6	0,000	4,110	0,384	0,240	0,000	0,000	4,383	40,883	0,000
North Macedonia	14 582,7	0,519	3,320	0,000	0,220	15,036	0,000	0,000	20,214	3,318
Albania	21 730,5	0,585	5,120	0,000	0,000	0,000	34,570	19,352	46,620	1,039
Serbia	75 204,0	0,335	2,650	0,000	0,820	0,000	15,220	19,775	25,428	1,181
Kosovo*	9 680,1	0,000	2,520	0,000	0,000	0,000	0,550	4,210	0,000	41,920
Turkiye	1 030 513,6	1,112	6,850	0,000	0,860	8,440	62,880	13,800	0,000	14,480

*Джерело: розраховано автором*

Таблиця Д.2 – Стандартизовані ВВП та індикатори циркулярності країни Європи, 2023 р.

Країни	ВВП, млн дол.	Продуктивність ресурсів	Енергопродуктивність	Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	Частка персоналу, що займається НДКР.	Рівень витрат на соціальний захист	Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	Рівень переробки побутових відходів	Індекс чистоти енергоспоживання	Рівень водокористування
Belgium	0,074	0,510	0,012	-0,272	1,712	0,889	0,524	0,931	-0,617	-0,295
Bulgaria	-0,503	-0,915	-0,955	0,274	-0,586	-0,191	0,073	-0,551	-0,169	-0,448
Czechia	-0,245	-0,434	-0,503	-0,342	0,605	-0,016	0,597	0,673	-0,397	-0,293
Denmark	-0,182	0,227	2,178	-0,390	1,542	0,826	0,959	0,512	1,083	-0,173
Germany	4,202	0,625	0,802	-0,367	0,903	1,182	0,918	1,700	-0,226	-0,272
Estonia	-0,568	-0,771	-0,620	-0,177	-0,047	-0,245	0,465	-0,073	0,885	-0,393
Ireland	-0,008	1,192	3,630	-0,402	0,265	-1,060	-0,035	0,606	-0,588	-0,452
Greece	-0,353	-0,148	0,229	0,003	0,464	0,431	0,871	-0,868	-0,014	0,328
Spain	1,111	0,675	0,427	-0,190	-0,118	0,678	0,617	0,348	-0,037	0,015
France	2,639	0,695	0,484	-0,244	0,563	1,625	0,397	0,307	-0,185	-0,275
Croatia	-0,522	-0,425	-0,217	-0,152	-0,388	0,237	-0,982	0,016	0,146	-0,508
Italy	1,839	0,942	0,794	-0,251	0,095	1,156	-0,087	0,985	-0,339	0,370
Cyprus	-0,576	-0,351	0,336	0,118	-1,154	-0,026	0,511	-1,142	-0,303	4,513
Latvia	-0,567	-0,621	-0,418	0,594	-0,785	-0,088	0,463	0,810	1,016	-0,510
Lithuania	-0,527	-0,680	-0,347	-0,271	-0,416	-0,365	0,344	0,775	0,368	-0,486
Luxembourg	-0,519	1,491	1,442	-0,322	0,804	0,229	0,914	1,033	-0,639	-0,477
Hungary	-0,384	-0,586	-0,412	-0,245	-0,033	-0,438	0,540	-0,089	-0,481	-0,327
Malta	-0,588	0,498	-0,643	-0,386	-0,756	-0,579	-1,948	-1,199	-0,598	1,837
Netherlands	0,596	2,030	0,530	-0,319	1,003	0,865	0,994	1,083	-0,463	-0,252
Austria	-0,068	0,335	0,622	-0,385	1,215	1,254	1,000	1,406	0,879	-0,383
Poland	0,253	-0,640	-0,412	-0,121	-0,175	0,215	0,371	0,290	-0,513	-0,092

Portugal	-0,304	-0,404	0,237	5,539	0,378	0,508	1,343	-0,260	0,554	0,134
Romania	-0,239	-0,940	-0,282	-0,050	-1,182	-0,363	-0,295	-1,189	0,014	0,987
Slovenia	-0,538	-0,339	-0,012	-0,208	0,719	0,421	0,085	1,522	-0,025	-0,484
Slovakia	-0,469	-0,254	-0,454	-0,307	-0,544	-0,158	0,171	1,081	-0,488	-0,508
Finland	-0,298	-0,573	-0,331	-0,274	1,301	1,059	0,569	0,417	1,447	-0,480
Sweden	0,004	0,128	0,453	-0,317	1,386	0,744	0,892	0,064	2,344	-0,504
Iceland	-0,578	0,530	-1,017	0,170	0,847	0,669	-1,862	-0,613	-1,462	-0,513
Norway	-0,098	0,743	1,400	-0,075	0,903	0,040	0,201	0,255	2,872	-0,519
Switzerland	0,339	3,684	-1,536	-0,398	0,889	1,068	0,943	0,808	-1,462	-0,477
Bosnia and Herzegovina	-0,583	-0,857	-1,052	1,319	-1,608	-0,194	-1,067	-1,782	-1,462	-0,304
Montenegro	-0,604	-1,141	-0,724	0,520	-1,466	-2,144	-1,977	-1,603	0,881	-0,524
North Macedonia	-0,595	-0,840	-0,880	-0,414	-1,494	-0,547	-1,977	-1,822	-0,303	-0,289
Albania	-0,587	-0,801	-0,525	-0,414	-1,806	-2,144	-0,947	-0,854	1,210	-0,451
Serbia	-0,525	-0,947	-1,013	-0,414	-0,643	-2,144	-1,523	-0,833	-0,004	-0,440
Kosovo*	-0,601	-1,141	-1,038	-0,414	-1,806	-2,144	-1,961	-1,612	-1,462	2,443
Turkiye	0,573	-0,495	-0,183	-0,414	-0,586	-1,248	-0,103	-1,132	-1,462	0,501

Джерело: розраховано автором на основі табл. Д.1 Додатку Д за допомогою ПЗ Statistica

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

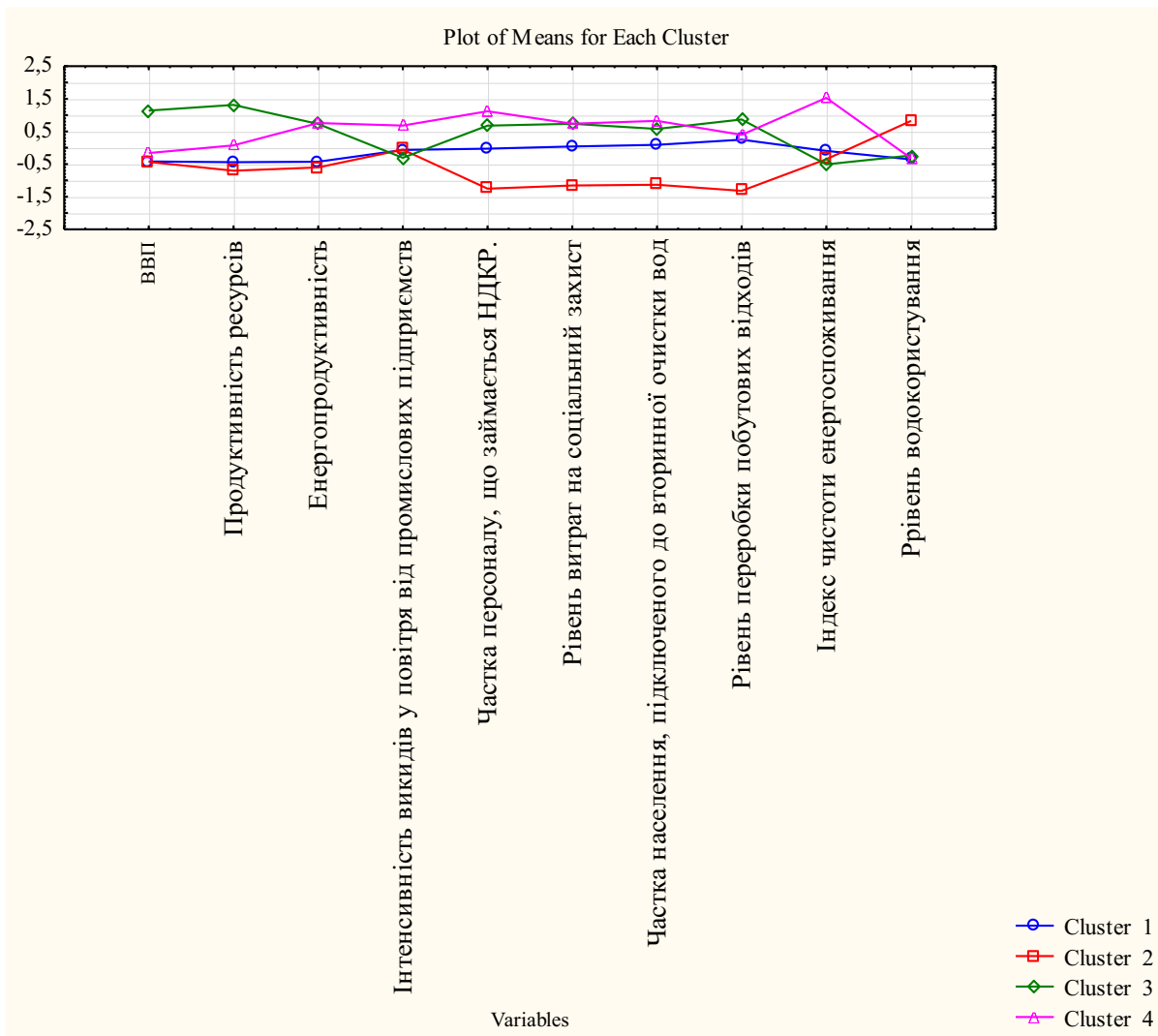


Рисунок Д.1 – Розподіл країн Європи за кластерами відповідно до ВВП та індикаторів циркулярності країни

Джерело: розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.3 – Результати кластерного аналізу для кластера 1

Кількість країн у кластері	11		
Країни	Cyprus, Malta, Romania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia, Albania, Serbia, Kosovo*, Turkiye, Portugal		
Характеристики кластеру	Mean	Standard	Variance
ВВП	-0,432	0,3701	0,1370
Продуктивність ресурсів	-0,702	0,4899	0,2400
Енергопродуктивність	-0,601	0,4496	0,2022
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	-0,055	0,5777	0,3337
Частка персоналу, що займається НДКР	-1,250	0,4618	0,2133
Рівень витрат на соціальний захист	-1,153	0,9100	0,8282
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	-1,129	0,9086	0,8255
Рівень переробки побутових відходів	-1,317	0,3625	0,1314
Індекс чистоти енергоспоживання	-0,349	0,9415	0,8865
Рівень водокористування	0,827	1,6646	2,7708

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

Таблиця Д.4 – Результати кластерного аналізу для кластера 2

Кількість країн у кластері	10		
Країни	Bulgaria. Czechia. Estonia, Greece, Croatia. Latvia. Lithuania. Hungary. Poland, Slovakia		
Характеристики кластеру	Mean	Standard	Variance
ВВП	-0,4168	0,2341	0,0548
Продуктивність ресурсів	-0,4403	0,3765	0,1417
Енергопродуктивність	-0,4282	0,3471	0,1205
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	-0,0651	0,2800	0,0784
Частка персоналу, що займається НДКР	-0,0282	0,5574	0,3107
Рівень витрат на соціальний захист	0,0392	0,3503	0,1227
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	0,0949	0,7662	0,5871
Рівень переробки побутових відходів	0,2477	0,7379	0,5445
Індекс чистоти енергоспоживання	-0,0945	0,6689	0,4474
Рівень водокористування	-0,3527	0,2486	0,0618

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.5 – Результати кластерного аналізу для кластера 3

Кількість країн у кластері	10		
Країни	Belgium, Germany, Ireland, Spain, France, Italy, Luxembourg, Netherlands, Switzerland, Slovenia		
Характеристики кластеру	Mean	Standard	Variance
ВВП	1,1414	1,5106	2,2819
Продуктивність ресурсів	1,3159	1,0140	1,0282
Енергопродуктивність	0,7316	1,3586	1,8459
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	-0,3073	0,0736	0,0054
Частка персоналу, що займається НДКР	0,6795	0,5527	0,3054
Рівень витрат на соціальний захист	0,7368	0,7748	0,6003
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	0,5763	0,4168	0,1738
Рівень переробки побутових відходів	0,8667	0,4244	0,1801
Індекс чистоти енергоспоживання	-0,5063	0,4156	0,1727
Рівень водокористування	-0,2350	0,2738	0,0750

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

Таблиця Д.6 – Результати кластерного аналізу для кластера 4

Кількість країн у кластері	6		
Країни	Denmark, Austria, Iceland, Finland, Sweden, Norway		
Характеристики кластеру	Mean	Standard	Variance
ВВП	-0,1577	0,1259	0,0159
Продуктивність ресурсів	0,0759	0,4875	0,2377
Енергопродуктивність	0,7599	0,8944	0,8000
Інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств	0,6830	2,3816	5,6722
Частка персоналу, що займається НДКР	1,1209	0,4212	0,1774
Рівень витрат на соціальний захист	0,7385	0,4280	0,1832
Частка населення, підключеного до вторинної очистки вод	0,8272	0,3940	0,1553
Рівень переробки побутових відходів	0,3991	0,5648	0,3190
Індекс чистоти енергоспоживання	1,5297	0,8997	0,8095
Рівень водокористування	-0,3209	0,2574	0,0663

Джерело: побудовано автором у програмі Statistica

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.7 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами»

Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	У
1	1,000	0,410	0,115	0,489	0,488	0,222	0,329	-0,108	0,379	-0,202
2	0,410	1,000	0,452	0,557	0,565	0,886	0,616	0,258	0,444	0,089
3	0,115	0,452	1,000	0,647	0,570	0,645	0,534	0,239	-0,166	-0,164
4	0,489	0,557	0,647	1,000	0,467	0,619	0,753	0,095	-0,035	-0,047
5	0,488	0,565	0,570	0,467	1,000	0,624	0,177	-0,148	0,273	0,154
6	0,222	<b>0,886</b>	0,645	0,619	0,624	1,000	0,682	0,131	0,243	0,127
7	0,329	0,616	0,534	<b>0,753</b>	0,177	0,682	1,000	0,467	-0,020	0,048
8	-0,108	0,258	0,239	0,095	-0,148	0,131	0,467	1,000	-0,330	0,115
9	0,379	0,444	-0,166	-0,035	0,273	0,243	-0,020	-0,330	1,000	0,040
	-0,202	0,089	-0,164	-0,047	0,154	0,127	0,048	0,115	0,040	1,000

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.8 – Результати перевірки на мультиколінеарність предикторів для кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами»

N=11	Regression Summary for Dependent Variable: ВВП R = 0,76914142 R <sup>2</sup> = 0,59157853 Adjusted R <sup>2</sup> = 0,084214726 F(9,1) = 0,16094 p<0,096573 Std.Error of estimate: 0,0209					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			-90812	353957,7	-0,257	0,840
1	-1,224	1,9395	-140998	223337,1	-0,631	0,641
2	0,578	4,9566	21627	185427,5	0,117	0,926
3	-1,006	1,3227	-129641	170485,3	-0,760	0,586
4	-0,099	2,2685	-20126	459270,1	-0,044	0,972
5	<b>1,618</b>	<b>2,1769</b>	<b>16171</b>	<b>21763,4</b>	<b>0,743</b>	<b>0,045</b>
6	-1,331	6,2165	-3270	15269,8	-0,214	0,866
7	1,413	3,8753	14155	38819,1	0,365	0,777
8	-0,189	2,5687	-1091	14809,3	-0,074	0,953
9	-0,077	1,5406	-320	6429,1	-0,050	0,968

Джерело: складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.9 – Оновлена матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами»

Показники	1	3	5	6	7	8	9	У
1	1,000	0,115	0,488	0,222	0,329	-0,108	0,379	-0,202
3	0,115	1,000	0,570	0,645	0,534	0,239	-0,166	-0,164
5	0,488	0,570	1,000	0,624	0,177	-0,148	0,273	0,154
6	0,222	0,645	0,624	1,000	0,682	0,131	0,243	0,127
7	0,329	0,534	0,177	0,682	1,000	0,467	-0,020	0,048
8	-0,108	0,239	-0,148	0,131	0,467	1,000	-0,330	0,115
9	0,379	-0,166	0,273	0,243	-0,020	-0,330	1,000	0,040
	-0,202	-0,164	0,154	0,127	0,048	0,115	0,040	1,000

*Джерело:* складено та розраховано автором

Таблиця Д.10 – Результати регресійного аналізу для кластеру «Країни з низьким рівнем економічного розвитку та початковими циркулярними ініціативами»

N=11	Regression Summary for Dependent Variable: ВВП					
	R = 0,433 R <sup>2</sup> = 0,187 Adjusted R <sup>2</sup> = 0,087 F(9,1) = 2,309 p<0,016 Std.Error of estimate: 0,099					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
<b>5</b>	<b>10420,61</b>	<b>6860,82</b>	<b>4866,45</b>	<b>0,266</b>	<b>1,519</b>	<b>0,016</b>

*Джерело:* складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.11 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями»

Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	У
1	1,000	0,789	-0,313	0,425	0,560	0,077	0,062	-0,310	0,472	0,085
2	0,789	1,000	-0,146	0,411	0,616	0,138	-0,178	0,001	0,647	0,118
3	-0,313	-0,146	1,000	-0,498	0,124	0,041	-0,174	0,512	-0,056	-0,228
4	0,425	0,411	-0,498	1,000	0,342	0,471	-0,341	-0,330	0,691	0,357
5	0,560	0,616	0,124	0,342	1,000	-0,131	-0,348	-0,122	0,652	0,421
6	0,077	0,138	0,041	0,471	-0,131	1,000	-0,056	-0,013	0,536	0,227
7	0,062	-0,178	-0,174	-0,341	-0,348	-0,056	1,000	0,055	-0,587	-0,010
8	-0,310	0,001	0,512	-0,330	-0,122	-0,013	0,055	1,000	-0,271	-0,586
9	0,472	0,647	-0,056	0,691	0,652	0,536	-0,587	-0,271	1,000	0,505
	0,085	0,118	-0,228	0,357	0,421	0,227	-0,010	-0,586	0,505	1,000

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.12 – Результати перевірки моделі ВВП на значущість предикторів для кластеру «Країни з середнім рівнем розвитку та помірними циркулярними зусиллями»

N=10	Regression Summary for Dependent Variable: КІРФА (Spreadsheet45) R= 0,96164 R <sup>2</sup> = 0,92475 Adjusted R <sup>2</sup> = 0,8306 F(5,4)= 9,8312 p<0,023 Std.Error of estimate: 88761					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			501792	207479,7	2,42	0,043
8	-0,459	0,148	-10045	3239,3	-3,10	0,036
9	1,730	0,330	99932	19053,7	5,24	0,006
7	1,053	0,237	17947	4031,0	4,45	0,011
1	-0,894	0,206	-478945	110248,4	-4,34	0,012
6	-0,578	0,207	-7443	2664,1	-2,79	0,049

Джерело: складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.13 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	У
1	1,000	-0,296	-0,650	0,109	0,052	0,524	-0,201	-0,880	-0,195	-0,158
2	-0,296	1,000	-0,247	-0,355	-0,739	-0,418	-0,127	0,283	-0,023	-0,044
3	-0,650	-0,247	1,000	-0,258	0,335	-0,329	-0,174	0,705	0,459	-0,026
4	0,109	-0,355	-0,258	1,000	0,213	0,448	0,413	-0,362	-0,493	-0,156
5	0,052	-0,739	0,335	0,213	1,000	0,338	0,057	0,072	0,380	0,583
6	0,524	-0,418	-0,329	0,448	0,338	1,000	0,162	-0,368	-0,319	0,127
7	-0,201	-0,127	-0,174	0,413	0,057	0,162	1,000	0,100	-0,174	0,114
8	-0,880	0,283	0,705	-0,362	0,072	-0,368	0,100	1,000	0,367	0,329
9	-0,195	-0,023	0,459	-0,493	0,380	-0,319	-0,174	0,367	1,000	0,416
	-0,158	-0,044	-0,026	-0,156	0,583	0,127	0,114	0,329	0,416	1,000

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.14 – Результати перевірки на мультиколінеарність предикторів для кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

N=10	Regression Summary for Dependent Variable: КІРФА (Spreadsheet45) R= 1 R <sup>2</sup> = 1 Adjusted R <sup>2</sup> = 1 F(5,1)- p<- Std.Error of estimate: -					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			6146294			
1	-0,967		-680728			
2	-0,441		-88282			
3	-1,639		-69162805			
4	-0,386		-1387922			
5	0,744		141697			
6	0,187		17413			
7	-0,340		-49826			
8	0,560		100863			
9	0,292		101199			

Джерело: складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.15 – Оновлена матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

Показники	1	3	4	5	6	7	9	У
1	1,000	-0,650	0,109	0,052	0,524	-0,201	-0,195	-0,158
3	-0,650	1,000	-0,258	0,335	-0,329	-0,174	0,459	-0,026
4	0,109	-0,258	1,000	0,213	0,448	0,413	-0,493	-0,156
5	0,052	0,335	0,213	1,000	0,338	0,057	0,380	0,583
6	0,524	-0,329	0,448	0,338	1,000	0,162	-0,319	0,127
7	-0,201	-0,174	0,413	0,057	0,162	1,000	-0,174	0,114
9	-0,195	0,459	-0,493	0,380	-0,319	-0,174	1,000	0,416
	-0,158	-0,026	-0,156	0,583	0,127	0,114	0,416	1,000

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.16 – Результати перевірки моделі ВВП на значущість предикторів для кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

N=7	Regression Summary for Dependent Variable: КІРФА (Spreadsheet45) R= 0,9905 R <sup>2</sup> = 0,9812 Adjusted R <sup>2</sup> = 0,9153 F(7,2)= 14,886 p<0,0444 Std.Error of estimate: 3848E2					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			4227676,00	1432484,19	2,951	0,098
1	-1,118	0,177	-787174,74	124670,91	-6,314	0,024
3	-1,256	0,176	-53017833,61	7416875,26	-7,148	0,019
4	-0,543	0,141	-1952447,28	506264,09	-3,857	0,061
5	1,026	0,149	195390,99	28427,99	6,873	0,021
6	0,282	0,144	26287,74	13406,23	1,961	0,189
7	-0,178	0,123	-26177,16	18047,00	-1,450	0,284
9	0,176	0,147	61113,10	50860,16	1,202	0,353

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.17 – Оцінка прийнятності моделі ВВП країн кластеру «Країни з високим рівнем економічного розвитку та розвиненими циркулярними практиками»

Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	0,00886	2	0,00886	14,886	0,0444
Residual	0,00038	7	0,00009		
Total	0,00924				

Джерело: складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.18 – Матриця парних коефіцієнтів кореляції для ВВП та предикторів циркулярності країн кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик»

Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	У
1	1,000	-0,507	-0,224	-0,539	0,084	0,169	0,182	-0,562	-0,213	0,481
2	-0,507	1,000	-0,223	0,621	-0,359	0,360	0,205	0,768	0,662	0,247
3	-0,224	-0,223	1,000	-0,602	-0,607	-0,957	-0,881	-0,143	-0,563	-0,779
4	-0,539	0,621	-0,602	1,000	0,394	0,553	0,388	0,386	0,843	0,125
5	0,084	-0,359	-0,607	0,394	1,000	0,391	0,561	-0,444	0,280	0,136
6	0,169	0,360	-0,957	0,553	0,391	1,000	0,885	0,386	0,475	0,874
7	0,182	0,205	-0,881	0,388	0,561	0,885	1,000	0,225	0,343	0,836
8	-0,562	0,768	-0,143	0,386	-0,444	0,386	0,225	1,000	0,142	0,306
9	-0,213	0,662	-0,563	0,843	0,280	0,475	0,343	0,142	1,000	0,207
	0,481	0,247	-0,779	0,125	0,136	0,874	0,836	0,306	0,207	1,000

Джерело: складено та розраховано автором

Таблиця Д.19 – Результати перевірки на мультиколінеарність предикторів для кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик»

N=6	Regression Summary for Dependent Variable: КІРФА (Spreadsheet45) R= 1 R <sup>2</sup> = 1 Adjusted R <sup>2</sup> = 1 F(5,1)= - p<- Std.Error of estimate: -					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			6146294			
1	-0,967		-680728			
2	-0,441		-88282			
3	-1,639		-69162805			
4	-0,386		-1387922			
5	0,744		141697			
6	0,187		17413			
7	-0,340		-49826			
8	0,560		100863			
9	0,292		101199			

Джерело: складено та розраховано автором

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Д

Таблиця Д.20 – Результати перевірки моделі ВВП на значущість предикторів для кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик»

N=6	Regression Summary for Dependent Variable: КІРФА (Spreadsheet45) R= 0,8739 R <sup>2</sup> = 0,7637 Adjusted R <sup>2</sup> = 0,7047 F(1,4)= 12,930 p<0,02284 Std.Error of estimate: 99616					
	*	Std.Err. of *		Std.Err. of	t(1)	p-value
Intercept			24536,30	100552,7	0,244	0,819
6	0,874	0,243	4324,69	1202,7	3,596	0,023

*Джерело:* складено та розраховано автором

Таблиця Д.21 – Оцінка прийнятності моделі ВВП країн кластеру «Країни-лідери з впровадження циркулярних практик»

Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	1,475640E+11	2	7,378202E+10	10,82982	0,02284
Residual	2,043857E+10	3	6,812857E+09		
Total	1,680026E+11				

*Джерело:* складено та розраховано автором

