DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-24
УДК 330.15:338.45:620.92

Гушко Сергій Володимирович
доктор економічних наук, професор,
проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків,
Державний економіко-технологічний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4833-3694

Бай Олександр Валерійович
аспірант,
Державний економіко-технологічний університет;
бенефіціар ТОВ Рудомайн
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7178-8888

Serhii Hushko
State University of Economics and Technology
Oleksandr Bay
State University of Economics and Technology; LLC "Rudomain"

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ІНДИКАТИВНОЇ РАМКИ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ ЄС

INDUSTRIAL ECOLOGIZATION THROUGH THE LENS OF EU CIRCULAR ECONOMY INDICATIVE FRAMEWORK

Анотація. У статті здійснено аналіз індикативної рамки циркулярної економіки ЄС як орієнтиру екологізації промисловості. Обґрунтовано, що структура зелених ініціатив промислових підприємств є диференційованою за напрямами, зокрема домінують практики мінімізації відходів, енергозбереження та раціонального використання матеріалів. Проведено системний аналіз п'яти блоків індикативної рамки. Узагальнено як позитивні результати (розвиток екодизайну, підвищення переробки, інноваційна активність), так і проблемні аспекти (матеріалоємність виробництва, залежність від імпорту критичних ресурсів, недостатність цифрових індикаторів). Сформовано стратегічні пріоритети екологізації, що охоплюють оптимізацію матеріальних потоків, розвиток замкнених циклів управління відходами, використання вторинної сировини, посилення інноваційного та цифрового лідерства, а також забезпечення глобальної стійкості.

Ключові слова: сталий розвиток, екологізація промисловості, циркулярна економіка, ЄС, зелений перехід, стратегія, промислові підприємства, розвиток бізнесу, ефективність, рециклінг.

Summary. The article examines ecologization of industrial enterprises through the lens of the indicative framework for the circular economy developed by the European Union. The relevance of this research stems from the fact that industrial corporations are the largest resource consumers and waste producers in the European economy, and their transition to circular models critically influences the success of the European Green Deal and the attainment of sustainable development goals. It is substantiated that the strengthening of policies and programmes in the field of the circular economy is directly correlated with the scale of implementation of environmental social and governance practices. The structure of green initiatives undertaken by industrial corporations is shown to be highly differentiated by direction, with waste minimization, energy efficiency and material savings forming the dominant areas of focus. A systematic analysis of the five blocks of the indicative framework is conducted, namely production and consumption, waste management, secondary raw materials, competitiveness and innovation, and global sustainability and resilience. The study highlights both positive achievements, including the development of eco design, the gradual increase in recycling rates, and the innovation leadership of large corporations, and problematic aspects, such as the high material intensity of production, the dependence on imports of critical raw materials, and the insufficient integration of digital and behavioural indicators. Based on the results, strategic priorities for the ecologization of industrial enterprises are formulated. These priorities include the optimization of material flows, the development of closed waste management cycles, the expansion of the use of secondary raw materials, the strengthening of innovation and digital leadership, as well as the enhancement of global resilience through the reduction of import

© Гушко С.В., Бай О.В., 2025

dependence and the integration of circularity into corporate governance. The study concludes that the indicative framework of the European Union can serve as an effective strategic guide for the green transition of industry, providing not only higher competitiveness and adaptability of enterprises to contemporary geo economic challenges, but also contributing to the long term sustainability of the European economic system as a whole.

Keywords: sustainable development, industrial greening, circular economy, EU, green transition, strategy, industrial enterprises, business development, efficiency, recycling.

Постановка проблеми. Сучасна індустріальна модель розвитку економіки перебуває під потужним тиском глобальних викликів, пов'язаних із виснаженням природних ресурсів, зміною клімату та зростанням регуляторних вимог у сфері екологічної безпеки. Промисловість, яка становить основу економік більшості країн, є одним із ключових джерел екологічного навантаження. Так, 70% усіх промислових викидів парникових газів у ЄС припадає на виробництво базових матеріалів – сталі, цементу, хімікатів, які вирізняються високою енергоємністю та матеріаломісткістю [1]. Досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, згідно з Європейським зеленим курсом, видається неможливим без фундаментальної трансформації промисловості, включно з переходом на циркулярну модель економіки [2].

Більш того, потенціал циркулярної економіки в індустріальних секторах лише починає реалізовуватись. За даними проєкту CO2NSTRUCT [3], впровадження повторного використання й переробки у виробничі ланцюги може скоротити споживання первинних ресурсів на 30–45%. Водночас лише 12% матеріалів у промисловості ЄС повертаються у цикл як вторинна сировина [4], тоді як ціль ЄС на 2030 р. становить щонайменше 25% [5]. Низький рівень циркулярності зумовлений не лише технологічними, а й управлінськими бар'єрами: лише третина енергетичних компаній ЄС декларують конкретні дії з реалізації принципів циркулярної економіки [6; 7]. Зростання вимог до ESG-звітності посилює цей тренд – у 2024–2025 рр. понад 60% промислових компаній ЄС змінили системи управління через екологічні критерії контрагентів [8].

Проблемним аспектом залишається визначення механізмів та орієнтирів стратегування екологізації промислових корпорацій відповідно до метрик циркулярної економіки ЄС. Реагуючи на ці виклики, Європейський Союз запропонував індикативну рамку оцінки циркулярної економіки, яка охоплює п'ять ключових блоків показників: виробництво та споживання, управління відходами, вторинні ресурси, конкурентоспроможність та інновації, глобальна сталість і стійкість [9]. Її інтеграція у корпоративні стратегії може слугувати своєрідним дороговказом, що дозволяє підприємствам визначати вузькі місця ресурсокористування, зменшувати екологічний слід і підвищувати конкурентоспроможність на міжнародних ринках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукова періодика останніх років акцентує увагу на кількох ключових аспектах впровадження циркулярної економіки в промисловості Європейського Союзу.

Науковці простежують позитивний фінансовий ефект від запровадження циркулярних практик. Згідно з працею Шавкатова Н., зростання індексу циркулярної економіки CEI позитивно впливає на ключові фінансові показники виробничих компаній, зокрема на рентабельність продажів та дохідність акцій [10]. Особливо сильний ефект виявлено серед великих виробничих компаній Північної Європи. Подібно до цього, роботи Еріона Ф., Тана Дж. та ін. показали, що індикатори циркулярної економіки позитивно корелюють із ВВП на душу населення, рівнем здоров'я населення та зниженням викидів парникових газів [11, 12]. Варто також зазначити універсальний індекс CEIR, описаний Алівождовицем В. та Кокалже Ф., який охоплює всі 9R-стратегії рециклінгу і дозволяє оцінювати рівень циркулярності на міжгалузевому рівні [13].

Інше дослідження колективу вчених з різних країн ЄС виявило, що найбільший вплив на рівень циркулярності в країнах ЄС мають індикатори з таких блоків рамки циркулярної економіки як «конкурентоспроможність та інновації» та «глобальна стійкість» [14]. Серед бар'єрів до впровадження відзначено низький рівень знань, слабке інвестування в технології та неналежне законодавче підґрунтя управління відходами. Водночас, Лукашевич Ю. та ін. розглядають інновації у сфері відновлюваної енергетики як стратегічний напрям сталого розвитку на шляху до циркулярної економіки [15]. У дослідженні наголошується, що промислові підприємства, які здійснюють перехід до відновлювальних джерел одночасно реалізують ключові принципи циркулярності – зменшення викидів, ефективне використання ресурсів та скорочення екологічного сліду.

Варто також зазначити результати досліджень Коваля В. та ін. [16], що вказують на важливість управління поведінкою працівників і навчання персоналу сталим практикам як умову ефективного впровадження практик циркулярної економіки в бізнес-середовище. Максимова І. та Настасе К. підкреслюють роль цифрових технологій, що дозволяє значно знизити вуглецевий слід, підвищити ресурсоефективність та покращити адаптацію підприємств до вимог циркулярної економіки [6]. Дані дослідження Сабау-Поппа К.

та ін. [17] демонструють стратегічний потенціал циркулярності для сталого зростання, підтверджуючи зв'язок між циркулярністю та довгостроковою економічною вигодою підприємств у різних індустріях.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблематика дослідження посилюється тим, що наявна індикативна рамка циркулярної економіки ЄС в її нинішньому вигляді має низку обмежень для її застосування у розрізі екологізації промислових підприємств. По-перше, значна частина показників зорієнтована на макроекономічний рівень і лише опосередковано відображає специфіку промислових секторів. По-друге, бракує цифрових та поведінкових індикаторів, які дозволили б точніше оцінювати вплив великих корпорацій на циркулярну трансформацію через інтеграцію цифрових технологій, прозорість ланцюгів постачання та зміну моделей споживання. По-третє, у сучасних умовах глобальних геоекономічних ризиків і високої залежності від імпорту критичної сировини індикативна рамка потребує доповнення показниками, що дозволяють оцінювати рівень ресурсної автономії та стійкості промисловості.

Метою статті є визначення стратегічних орієнтирів екологізації промислових підприємств відповідно до індикативної рамки циркулярної економіки ЄС, зокрема оцінка сильних і слабких сторін застосування рамки та визначення її потенціалу як стратегічного дороговказу для корпоративних трансформацій в контексті зеленого переходу економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримані результати дослідження дозволяють системно оцінити взаємозв'язок між розвитком політик циркулярної економіки ЄС та процесами екологізації промисловості. Центровий фокус дослідження охопили як індикативна рамка ЄС, так і практики інтеграції принципів сталого розвитку у корпоративні стратегії великих промислових підприємств.

Посилення політик та програм у сфері циркулярної економіки в країнах ЄС безпосередньо корелює з ефективністю та масштабом реалізації ESG-концепції великими промисловими підприємствами. Імплементація стратегій циркулярної економіки створює сприятливі умови для інтеграції принципів сталого розвитку в корпоративне управління, що зумовлює підвищення екологічної, соціальної та управлінської результативності. Це підтверджує аналіз статистики за останні шість років, який демонструє чіткий зв'язок між інтенсивністю національних політик у сфері циркулярної економіки та рівнем ESG-практик промислових корпорацій у країнах ЄС (рис. 1).

Як видно з графіка, збільшення кількості програм і стратегічних інструментів на національному рівні узгоджується з підвищенням середніх показників ESG-ефективності промислових підприємств, адже країни ЄС із більш розвиненою нормативною базою та ширшим спектром політик у сфері циркулярної економіки характеризуються вищим рівнем інтеграції ESG-практик у корпоративне управління. Це свідчить про те, що системні політичні заходи у сфері циркулярної економіки

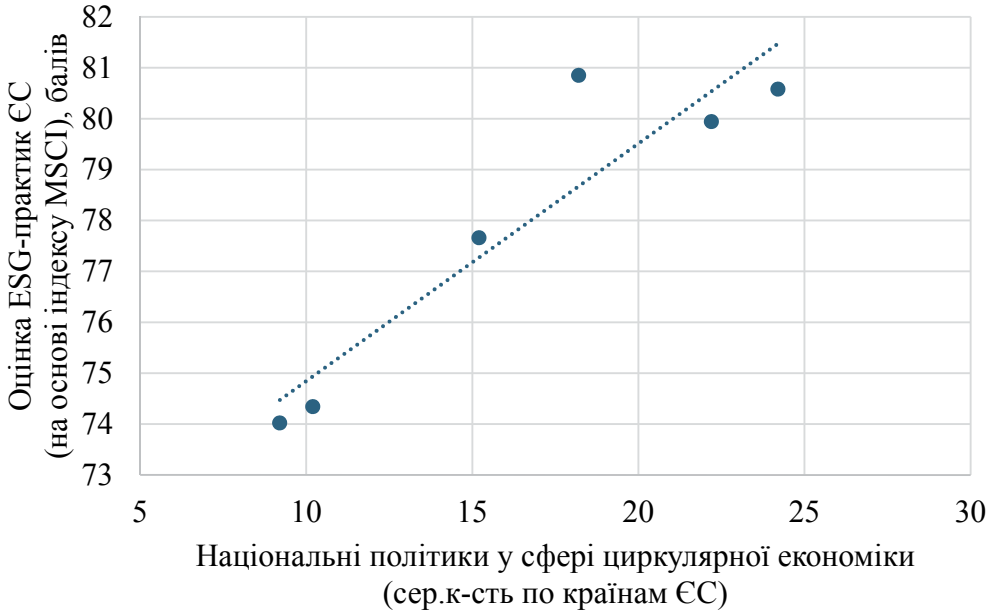

Рисунок 1 – Взаємозв'язок між інтенсивністю національних політик у сфері циркулярної економіки та рівнем ESG-практик великих промислових підприємств у країнах ЄС

Джерело: побудовано авторами на основі European Environment Agency [18]

не лише задають рамкові орієнтири, але й виступають каталізатором для промислових корпорацій у впровадженні більш амбітних програм екологізації, інновацій та корпоративної соціальної відповідальності.

Окреслена тенденція дає підстави вважати ідею орієнтації промисловості на рамку циркулярної економіки досить перспективною та ефективною в контексті екологізації великих корпорацій.

Проте, зелені ініціативи промислових корпорацій залишаються досить диференційованими за напрямом та фокусом дії (рис. 2).

Як показує діаграма, розподіл екологічних ініціатив у промисловості ЄС є доволі нерівномірним. Половину всіх зелених ініціатив формують три напрями: мінімізація відходів (18 %), економія енергії (17 %) та економія матеріалів (15 %). Це свідчить про концентрацію корпоративних зусиль у сферах, які безпосередньо впливають на витрати виробництва та мають найбільш відчутний економічний ефект. Водночас такий розподіл підтверджує прагматичний характер більшості корпоративних стратегій, що орієнтуються передусім на поєднання екологічних і фінансових вигод. Позитивним аспектом є те, що напрями з меншою часткою реалізації, як-от економія води (14 %) чи переробка відходів (12 %), все одно займають відчутну частку у структурі зелених практик, що свідчить про поступову диверсифікацію інструментів екологізації. Крім того, перехід на екологічних постачальників (9 %), перепродаж залишків і відходів (8 %) та використання відновлюваної енергії (7 %) демонструють формування ширшого спектра інноваційних рішень, хоча їхня питома вага поки залишається відносно низькою.

Водночас, виявлена диференціація ініціатив вказує на існування певних проблем. Зокрема, низька частка відновлюваної енергетики у загальній структурі свідчить про те, що перехід на більш амбітні кліматичні цілі поки не став домінантним напрямом корпоративних стратегій. Аналогічно, відносно обмежений розвиток практик замикання циклів ресурсів через перепродаж залишків чи перехід на стійкі ланцюги постачання підкреслює наявність бар'єрів інституційного, технологічного та фінансового характеру.

У цілому, наведені дані дають підстави сформулювати гіпотезу, що стратегічна орієнтація промислових підприємств на індикативну рамку циркулярної економіки ЄС сприятиме не лише збалансуванню розподілу екологічних ініціатив між різними напрямами, але й розширенню спектра інноваційних рішень. Це дозволить уникнути надмірної концентрації корпоративних зусиль у сферах із швидким економічним ефектом та забезпечити комплексність екологізації промисловості.

Аналіз індикативної рамки циркулярної економіки ЄС засвідчив, що вона формує комплексний підхід до оцінювання прогресу зеленого переходу, охоплюючи п'ять взаємопов'язаних блоків: виробництво та споживання, управління відходами, вторинні ресурси, конкурентоспроможність та інновації, глобальна сталість і стійкість (рис. 3).

Наведена рамкова структура має безпосереднє значення для екологізації сучасної індустрії, проте її практична цінність та стратегічний потенціал для промислових підприємств варіює залежно від блоків (Таблиця 1).

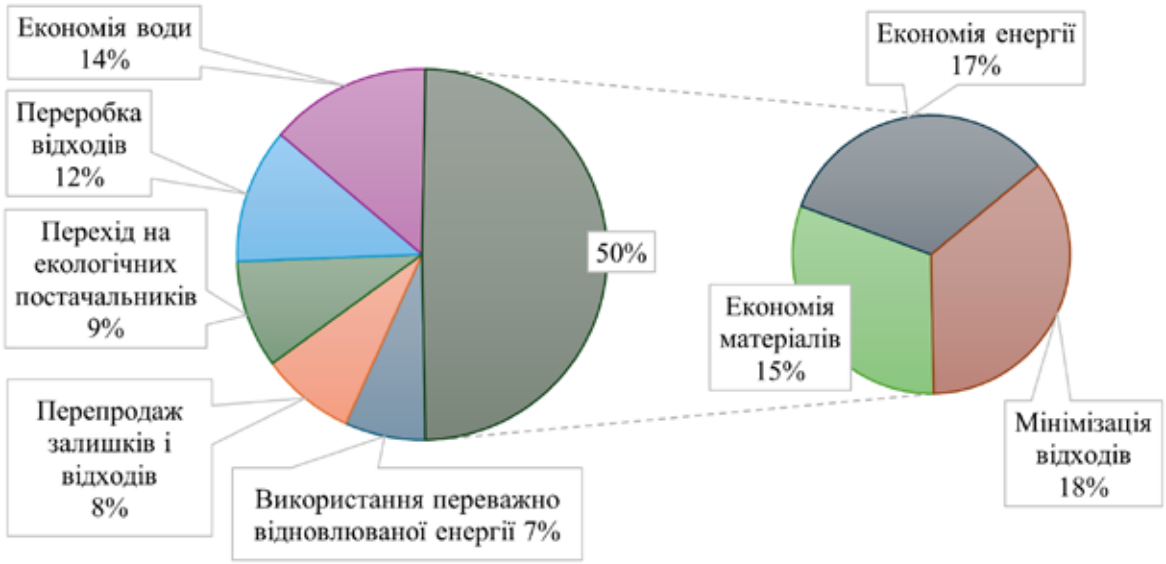

Рисунок 2 – Структура зелених ініціатив промислових підприємств ЄС

Джерело: побудовано авторами за результатами аналітики [6, 19]

Рисунок 3 – Розширена структура індикативної рамки циркулярної економіки ЄС

Джерело: побудовано авторами на основі дослідження метрик Eurostat [20]

Таблиця 1 – Інтерпретація складових рамки циркулярної економіки ЄС в контексті екологізації промисловості

Блоки рамки	Значення для промисловості	Виклики	Стратегічний потенціал
S1	Висока матеріалоємність виробництва; потреба у технологіях декуплінгу та екодизайні	Оптимізація ресурсних потоків, скорочення залежності від первинної сировини	Ідентифікація «гарячих точок» у споживанні ресурсів; формування довгострокових дорожніх карт
S2	Проблеми з утилізацією пластмас та упаковки; можливості індустріальної симбіозності	Низька ефективність переробки окремих відходів; потреба у спеціалізованих технологіях	Розвиток замкнених виробничих циклів; підвищення ефективності утилізації
S3	Необхідність збільшення частки вторинної сировини та диверсифікації потоків ресурсів	Висока імпортна залежність; слабкий розвиток внутрішнього ринку рециклінгу	Формування ресурсної автономії підприємств; стратегічні інвести-ції у циркулярні технології
S4	Великі корпорації як драйвери інновацій; розвиток цифрового відстеження та автоматизації	Недостатнє охоплення цифрових індикаторів у рамці; брак оцінки індустріальної симбіозності	Посилення інноваційного лідерства; інтеграція цифрових рішень у виробництво
S5	Роль у зменшенні залежності від імпорту критичної сировини та підвищенні стійкості	Зовнішня ресурсна вразливість, потреба у локалізації потоків та розвитку внутрішньої логістики	Забезпечення стратегічної автономії ЄС; зниження екологічного сліду промисловості

Джерело: розроблено авторами

Аналіз індикативної рамки циркулярної економіки ЄС в контексті екологізації промисловості дозволив виявити низку специфічних закономірностей, що мають ключове значення для великих підприємств.

По-перше, у блоці «Виробництво та споживання» особливу роль відіграє показник матеріального споживання, який безпосередньо відображає рівень матеріалоємності індустріальних секторів. За останні три роки середній матеріальний слід на душу населення в ЄС становив 14,6 т/особу, причому значна частина цього обсягу припадала на важку промисловість. Лише частина країн демонструє ознаки абсолютного декуплінгу – розриву зв'язку між економічним зростанням і використанням ресурсів [21]. Це вказує на потребу впровадження технологій екодизайну, які можуть зменшити матеріалоємність на до 25% за один інноваційний цикл продукту [14].

Другий блок «Управління відходами» висвітлює критичні проблеми промислових секторів, зокрема низьку ефективність переробки пластмас і пакувальних матеріалів. Хоча окремі сегменти, як-от електронні відходи, демонструють високі результати завдяки спеціалізованим технологіям збору й сортування, загалом рівень переробки в промисловості ЄС все ще далекий від цілей. Наприклад, середній рівень рециклінгу муніципальних відходів у 2023 році становив 49,6%, тоді як ціль на 2025 рік – 55% [22]. У сфері органічних відходів впровадження анаеробно-аеробних технологій дозволяє зменшити викиди азоту вдвічі та збільшити виробництво біогазу на 22% [23].

Втім, загальна динаміка по першим двом блокам досить перспективна для екологізації промисловості з огляду на темпи впровадження циркулярних практик в управлінні відходами та споживчими практиками в (рис. 4 а, б).

У цілому промисловість ЄС демонструє загальне стрімке збільшення частки циркулярного використання матеріалів, хоча загальний рівень переробки відходів не дозволяє говорити про чітко сформований позитивний тренд. Це можна пояснити проблематикою наступного блоку індикативної рамки «Вторинні ресурси», який є важливим маркером екологізації промисловості, особливо в частині експорт-імпортних стратегій. Так, у блоці «Вторинні ресурси» ключовим викликом виявляється висока залежність промисловості від імпорту критичних матеріалів. У 2024 році понад 90% рідкоземельних елементів, 76% літію та 60% кобальту, необхідних для виробництва акумуляторів та електроніки, ЄС імпортував з-за меж Союзу, зокрема з Китаю [24]. Це зумовлює необхідність активізації внутрішнього ринку рециклінгу та диверсифікації потоків ресурсів. Індикативна рамка дозволяє оцінити рівень ресурсної автономії підприємства та вказати напрями для інвестицій у заміщення первинної сировини через розвиток індустріальної симбіозності.

Водночас, у межах блоку «Конкурентоспроможність та інновації» підтверджується роль великих корпорацій як головних драйверів інноваційної активності. Саме вони інвестують у цифрові системи моніторингу матеріальних

а) рециклінг матеріалів

б) переробка відходів

Рисунок 4 – Динаміка споживання та управління відходами в межах циркулярної економіки ЄС

Джерело: побудовано авторами на основі статистики [22]

потоків, автоматизацію виробничих процесів і промислову симбіозність. Наприклад, цифровізація бізнес-процесів у МСП дозволила зменшити викиди CO_2 на до 18% у 7 країнах ЄС [6]. Однак, чинна індикативна рамка лише частково враховує індикатори диджиталізації, що знижує її ефективність для комплексного аналізу інновацій у промисловості.

У підсумку, блок «Глобальна сталість і стійкість» окреслює стратегічний орієнтир для промислових підприємств у забезпеченні зеленого переходу через зниження залежності ЄС від імпорту критичної сировини та скорочення екологічного сліду виробництва. Впровадження локальних систем переробки, оптимізація внутрішніх ресурсних потоків та скорочення логістичних витрат формують основу підвищення стійкості промисловості, роблячи її менш уразливою до зовнішніх геоекономічних ризиків і більш узгодженою з цілями циркулярної економіки.

Узагальнюючи, індикативна рамка циркулярної економіки ЄС демонструє значний потенціал як стратегічний дороговказ для екологізації промисловості. Вона дозволяє підприємствам оцінювати прогрес за ключовими напрямами, виявляти системні виклики та формувати довгострокові стратегії сталого розвитку.

Враховуючи зазначені міркування, нижче представлено схему стратегічних пріоритетів екологізації промислових підприємств відповідно до індикативної рамки циркулярної економіки ЄС, що відображає логічну взаємопов'язаність п'яти ключових напрямів трансформації (рис. 5).

Наведена схема демонструє, що екологізація промисловості має розглядатися як комплексний процес, у якому стратегічні пріоритети формуються навколо оптимізації матеріальних потоків, управління відходами, використання вторинної сировини, інноваційного та цифрового розвитку, а також забезпечення глобальної стійкості.

Першим елементом схеми є оптимізація матеріальних потоків і впровадження екодизайну, що передбачає застосування технологій декуплінгу для зменшення залежності від первинних ресурсів та інтеграцію принципів довговічності й ремонтопридатності у виробничі процеси. Другим блоком є формування замкнених циклів управління відходами, де пріоритет надається розвитку індустріальної симбіозності, масштабуванню систем повторного використання ресурсів та впровадженню спеціалізованих технологій для переробки високоризикових відходів.

Третій стратегічний пріоритет – зміцнення ресурсної автономії через нарощування частки вторинної сировини у виробництві та диверсифікацію потоків матеріалів. Це передбачає створення внутрішніх ринків рециклінгу та розвиток інфраструктури збору вторинних ресурсів. Четвертий блок стосується інноваційного та цифрового лідерства, яке реалізується через інвестиції у циркулярні технології, впровадження цифрових систем відстеження матеріальних потоків, автоматизацію виробництва та поширення моделей «Product-as-a-Service».

Завершальним елементом є підвищення глобальної стійкості та стратегічної автономії, що

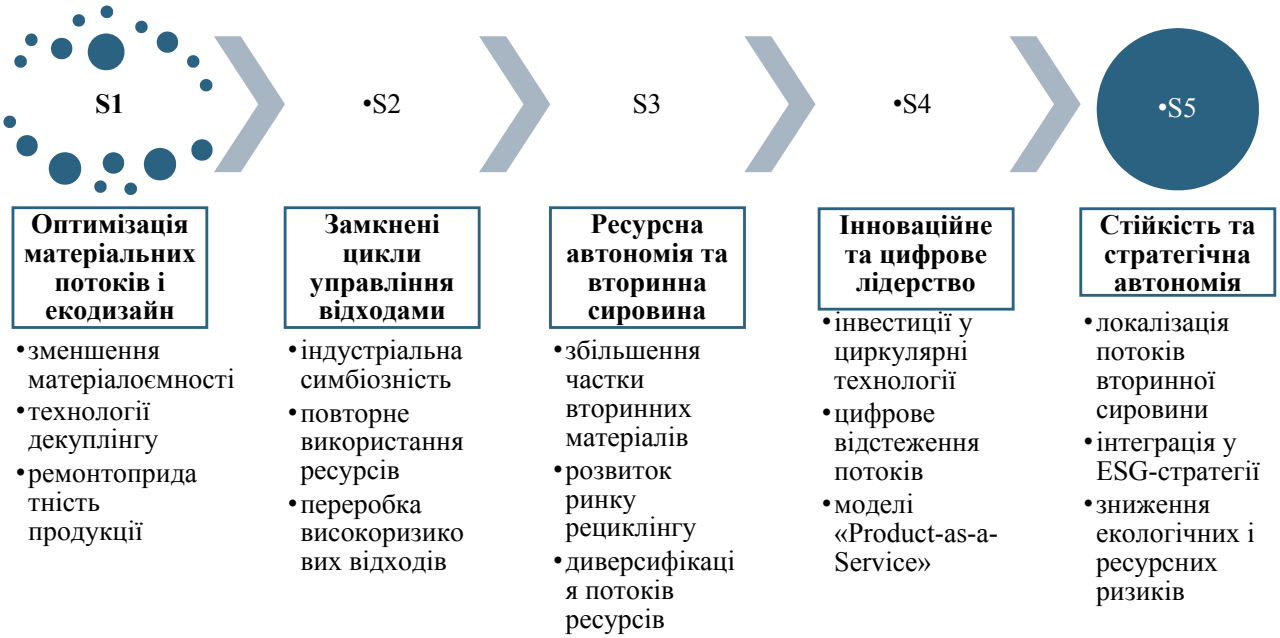

Рисунок 5 – Стратегічні орієнтири екологізації промислових підприємств на основі розуміння індикативної рамки циркулярної економіки ЄС

Джерело: розроблено авторами

забезпечується локалізацією потоків вторинної сировини, зниженням критичної залежності від імпорту стратегічних матеріалів та інтеграцією принципів циркулярності у корпоративні ESG-стратегії. Таким чином, схема демонструє цілісність та взаємозалежність стратегічних пріоритетів, які формують основу для довгострокової екологізації промисловості в межах індикативної рамки ЄС, забезпечуючи баланс між економічними, екологічними та соціальними вимірами сталого розвитку.

Висновки.

1. Індикативна рамка циркулярної економіки ЄС є ефективним методологічним орієнтиром для екологізації промислових підприємств, оскільки охоплює п'ять ключових блоків: виробництво і споживання, управління відходами, вторинні ресурси, конкурентоспроможність та інновації, глобальна сталість і стійкість. Показано, що посилення політик і програм у сфері циркулярної економіки безпосередньо корелює з рівнем інтеграції ESG-практик у великих промислових корпораціях, що підтверджується динамікою статистичних показників за 2018–2023 роки.

2. Виявлено, що структура «зелених» ініціатив промислових підприємств є диференційованою: половину всіх заходів становлять мінімізація відходів (18 %), економія енергії (17 %) та економія матеріалів (15 %). Це засвідчує прагматичну орієнтацію бізнесу на напрями з найбільшим економічним ефектом. Водночас, такі напрями як перехід на екологічних постачальників (9 %), перепродаж залишків (8 %) та використання відновлюваної енергії (7 %), формують додатковий спектр екологічних ініціатив, хоча їх питома вага залишається відносно низькою.

3. Визначено проблемні аспекти в різних блоках індикативної рамки, що закладають виклики для екологізації промисловості. Так, у блоці «Виробництво і споживання» проблемним аспектом є висока матеріалоємність виробництва, що вимагає від промислових підприємств впровадження технологій екодизайну та рішень для розриву залежності між економічним зростанням і використанням первинних ресурсів. У блоці «Вторинні ресурси» підприємства демонструють високу залежність від імпорту критичної сировини, що формує потребу у розвитку внутрішніх систем рециклінгу та збільшенні частки вторинних матеріалів у виробничих процесах. Водночас показано, що у блоці «Конкурентоспроможність та інновації» саме великі корпорації виступають драйверами інновацій у сфері циркулярної економіки.

4. Систематизація даних дозволила виявити ключові сильні сторони (зростання частки переробки, інноваційна активність корпорацій), виклики (матеріалоємність, залежність від імпорту, слабка інтеграція цифрових показників) та стратегічний потенціал (створення замкнених ресурсних циклів, підвищення конкурентоспроможності і стійкості промисловості) стосовно використання індикативної рамки циркулярної економіки ЄС як своєрідного дороговказу екологізації промисловості.

5. Показано, що стратегічні орієнтири екологізації промислових підприємств мають охопити п'ять взаємопов'язаних напрямів: оптимізацію матеріальних потоків, розвиток замкнених циклів управління відходами, розширення використання вторинної сировини, посилення інноваційного та цифрового лідерства, а також забезпечення глобальної стійкості.

Список використаних джерел:

1. Lotz, M. T. *Circular economy for the decarbonisation of basic materials*. München: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, 2025. 223 p. DOI: https://doi.org/10.24406/publica-3953
2. Krysovatyy A., Maksymova I., Kurilyak V., Radin M., Kurilyak M. International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal.* 2024. Vol. 10. № 2. P. 52–79. DOI: https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.03
3. The CO2NSTRUCT European project: Modelling the role of Circular Economy in construction value chains for a carbon-neutral Europe / Oikonomou T. I. et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023. Vol. 1196. No. (1). DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012043
4. Möslinger M., Ulpiani G., Vetters N. Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 421. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454
5. Strategic foresight report 2023 / edited by EU publication office. EU, 2023. 58 p. DOI: https://doi.org/10.2792/32296
6. Maksymova I., Nastase C. European model of climate-neutral business development based on digitalization principles. *Journal of European Economy*. 2024. Vol. 23. №. 2. P. 336–352. DOI: https://doi.org/10.35774/jee2024.02.336
7. Todaro D. L., Torelli R. From greenwashing to ESG-washing: A focus on the circular economy field. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. 2024. T. 31. №. 5. P. 4034–4046. DOI: https://doi.org/10.1002/csr.2786
8. Bibby D. Global focus on ESG in the supply chain–insights into supply chain management of Environmental, Social and Governance requirements and trends both locally and globally. *Australian Energy Producers Journal*. 2024. T. 64. №. 2. P. S468–S471. DOI: https://doi.org/10.1071/EP23100
9. Hushko S., Bai O. EU Metrics for the Circular Economy in Light of Modern Business Practices. *Economics and technical engineering*. 2025. T. 3. №. 1. P. 8–20. DOI: https://doi.org/10.62911/ete.2025.03.01.01

10. Shavkatov N. et al. Circular economy practices and their effect on corporate financial performance. *Economic Annals-XXI*, 2024. Vol. 207 (1-2). P. 4–9. DOI: https://doi.org/10.21003/ea.V207-01

11. Circular pathways to sustainable development: understanding the links between circular economy indicators, economic growth, social well-being, and environmental performance in EU-27 / Arion F. H. et al. *Sustainability*, 2023. T. 15. №. 24. DOI: https://doi.org/10.3390/su152416883

12. Tan J., Tan F. J., Ramakrishna S. Transitioning to a circular economy: A systematic review of its drivers and barriers. *Sustainability*, 2022. T. 14. № 3. DOI: https://doi.org/10.3390/su14031757

13. Alivojvodic V., Kokalj F. Drivers and barriers for the adoption of circular economy principles towards efficient resource utilisation. *Sustainability*, 2024. T. 16. № 3. DOI: https://doi.org/10.3390/su16031317

14. Towards circular economy indicators: Evidence from the European Union / D'Adamo I. et al. *Waste Management & Research*, 2024. T. 42. № 8. P. 670–680. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X241237171

15. Innovation In The Energy Sector: The Transition To Renewable Sources As A Strategic Step Towards Sustainable Development / Lukashevych Y. et al. *African Journal of Applied Research.* 2024. Vol. 10. № 1. C. 43–56. DOI: https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.665

16. Sustainable Behaviour Management in the Strategic Development of Circular Economy Businesses / Koval V. et al. *International Journal of Mathematical, Engineering & Management Sciences*. 2025. T. 10. № 1. P. 113–128. DOI: https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2025.10.1.007

17. Sabău-Popa, C. D., Bele, A. M., Dodescu, A. O., & Boloș, M. I. How Does the Circular Economy Applied in the European Union Support Sustainable Economic Development. *Sustainability*, 2022. No 14(16). DOI: https://doi.org/10.3390/su14169932

18. *National circular economy policies among the EU Member States*. European Environment Agency, 2023. URL: https://www.eea.europa.eu

19. Financing SMEs for sustainability: Drivers, Constraints and Policies, OECD SME and Entrepreneurship Papers, No. 35, OECD Publishing, Paris, 2022. DOI: https://doi.org/10.1787/a5e94d92-en

20. Circular economy – overview and indicators. Eurostat, 2024. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/overview

21. Circular economy in action: Examining the decoupling of economic growth and material use across EU countries / Huttmanová E. et al. *European Journal of Sustainable Development.* 2024. T. 13. № 4. P. 13–13. DOI: https://doi.org/10.14207/ejsd.2024.v13n4p13

22. Accelerating the circular economy in Europe. European Environment Agency, 2024. Report No. 13/2023. URL: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/accelerating-the-circular-economy

23. Suchowska-Kisielewicz M., Jędrczak A. Impact of Implementing Circular Waste Management System and Energy Recovery in a City with 100,000 Inhabitants on Nitrogen Emissions by 2035. *Energies*. 2023. T. 17. № 1. P. 108. DOI: https://doi.org/10.3390/en17010108

24. Gulley A. L. The development of China's monopoly over cobalt battery materials. *Mineral Economics*. 2024. T. 37. № 3. C. 619–631. DOI: https://doi.org/10.1007/s13563-024-00447-w

References:

1. Lotz, M. T. (2025). *Circular economy for the decarbonisation of basic materials*. Fraunhofer ISI. 223 p. DOI: https://doi.org/10.24406/publica-3953

2. Krysovatyy, A., Maksymova, I., Kurilyak, V., Radin, M., & Kurilyak, M. (2024). International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, no. 10, is. 2, pp. 52–79. DOI: https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.03

3. Oikonomou, T. I., Karytsas, S., Simões, S., Calvo, O. S., Zerbino, PP., & Genovese, A. (2023). *The CO2NSTRUCT European project: Modelling the role of Circular Economy in construction value chains for a carbon-neutral Europe. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, no. 1196, is. 1, pp. 1–11. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012043

4. Möslinger, M., Ulpiani, G., & Vetters, N. (2023). Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. *Journal of Cleaner Production*, no. 421. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454

5. EU publication office (2023), Strategic foresight report 2023, EU. 58 p. DOI: https://doi.org/10.2792/32296

6. Maksymova, I., & Nastase, C. (2024). European model of climate-neutral business development based on digitalization principles. Journal of European Economy, vol. 23, is. 2, pp. 336–352. DOI: https://doi.org/10.35774/jee2024.02.336

7. Todaro, D. L., & Torelli, R. (2024). From greenwashing to ESG-washing: A focus on the circular economy field. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, no. 31, is. 5, pp. 4034–4046. DOI: https://doi.org/10.1002/csr.2786

8. Bibby, D. (2024). Global focus on ESG in the supply chain–insights into supply chain management of Environmental, Social and Governance requirements and trends both locally and globally. *Australian Energy Producers Journal*, no. 64, is. 2, pp. 468–471. DOI: https://doi.org/10.1071/EP23100

9. Hushko, S., & Bai, O. (2025). EU Metrics for the Circular Economy in Light of Modern Business Practices. *Economics and technical engineering*, no. 3, is. 1, pp. 8–20. DOI: https://doi.org/10.62911/ete.2025.03.01.01

10. Shavkatov, N., Abdurakhimova, D., Sherkuziyeva, N., Omonov, S., & Rakhmedova, M. (2024). *Circular economy practices and their effect on corporate financial performance. Economic Annals-XXI*, vol. 207, pp. 4–9. DOI: https://doi.org/10.21003/ea.V207-01

11. Arion, F. H., Aleksanyan, V., Markosyan, D., & Arion, I. D. (2023). Circular pathways to sustainable development: understanding the links between circular economy indicators, economic growth, social well-being, and environmental performance in EU-27. *Sustainability*, no. 15, is. 24, pp. 16883–16898. DOI: https://doi.org/10.3390/su152416883

12. Tan, J., Tan, F. J., & Ramakrishna, S. (2022). Transitioning to a circular economy: A systematic review of its drivers and barriers. *Sustainability*, no. 14, is. 3, pp. 1757. DOI: https://doi.org/10.3390/su14031757

13. Alivojvodic, V., & Kokalj, F. (2024). Drivers and barriers for the adoption of circular economy principles towards efficient resource utilisation. *Sustainability,* no. 16, is. 3, pp. 1317. DOI: https://doi.org/10.3390/su16031317

14. D'Adamo, I., Favari, D., Gastaldi, M., & Kirchherr, J. (2024). Towards circular economy indicators: Evidence from the European Union. *Waste Management & Research*, no. 42, is. 8, pp. 670–680. DOI: https://doi.org/10.1177/0734242X241237171

15. Lukashevych, Y., Evdokimov, V., Polukhin, A., Maksymova, I., & Tsvilii, D. (2024). Innovation in the energy sector: The transition to renewable sources as a strategic step towards sustainable development. *African Journal of Applied Research*, no. 10, is. 1, pp. 43–56. DOI: https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.665

16. Koval, V., Kichuk, Y., Kornieieva, T., Metil, T., Udovychenko, V., & Soloviova, O. (2025). Sustainable Behaviour Management in the Strategic Development of Circular Economy Businesses. *International Journal of Mathematical, Engineering & Management Sciences*, no. 10, is. 1, pp. 113–128. DOI: https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2025.10.1.007

17. Sabău-Popa, C. D., Bele, A. M., Dodescu, A. O., & Boloș, M. I. (2022). How Does the Circular Economy Applied in the European Union Support Sustainable Economic Development? *Sustainability*, no. 14, is. 16. DOI: https://doi.org/10.3390/su14169932

18. European Environment Agency. (2023). *National circular economy policies among the EU Member States*. Available at: https://www.eea.europa.eu

19. OECD (2022). Financing SMEs for sustainability: Drivers, Constraints and Policies, OECD SME and Entrepreneurship Papers, no. 35, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/a5e94d92-en

20. Eurostat. (2024). Circular economy – overview and indicators. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/overview

21. Huttmanová, E., Chovancová, J., Petruška, I., & Sallaku, K. (2024). Circular economy in action: Examining the decoupling of economic growth and material use across EU countries. *European Journal of Sustainable Development*, no. 13, is. 4, pp. 13–13. DOI: https://doi.org/10.14207/ejsd.2024.v13n4p13

22. European Environment Agency. (2024). *Accelerating the circular economy in Europe* (EEA Report No. 13/2023). Available at: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/accelerating-the-circular-economy

23. Suchowska-Kisielewicz, M., & Jędrczak, A. (2023). Impact of Implementing Circular Waste Management System and Energy Recovery in a City with 100,000 Inhabitants on Nitrogen Emissions by 2035. *Energies*, vol. 17, is. 1, pp. 108. DOI: https://doi.org/10.3390/en17010108

24. Gulley, A. L. (2024). The development of China's monopoly over cobalt battery materials. *Mineral Economics*, no. 37, is. 3, pp. 619–631. DOI: https://doi.org/10.1007/s13563-024-00447-w

Стаття надійшла до редакції 18.09.2025