

Марина В. Савченко¹, Артем В. Лозінський²

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ ЦИРКУЛЯРНІСТІ КРАЇНИ: МЕТОДИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТА ЕМПІРИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДЛЯ КРАЇН ЄВРОПИ

У статті представлено науково обґрунтований підхід до комплексного оцінювання рівня циркулярності країни з урахуванням соціального, економічного та екологічного вимірів сталого розвитку. У відповідь на актуалізацію глобальної парадигми циркулярної економіки (ЦЕ), автори розробили багаторівневу методику обчислення індексу циркулярності країни, що ґрунтується на трьох взаємопов'язаних рівнях оцінки: мікро-, мезо- та макроекономічному. В межах кожного рівня було ідентифіковано систему релевантних індикаторів, які далі агрегуються у блочні індекси економічної, соціальної та екологічної циркулярності.

Запропонований алгоритм оцінювання передбачає нормування вихідних даних, визначення еталонних значень, побудову вагових коефіцієнтів на основі експертного опитування та синтез індексу циркулярності країни. Окрім розрахунків, стаття пропонує шкалу інтерпретації отриманих значень індексу, що дозволяє стратифікувати країни за зонами циркулярної деградації, трансформації, стабілізації та розвитку.

Емпірична апробація методики на прикладі країн Європи за даними 2023 р. підтвердила її ефективність і аналітичну гнучкість. Встановлено, що 44,4% країн ЄС перебувають у зоні циркулярного розвитку (індекс >0,6), тоді як 50% - у зоні стабілізації. Водночас країни-кандидати та держави регіональної периферії виявилися у зоні трансформації, що свідчить про потребу в інституційній модернізації та підвищенні інвестиційної активності в екологічні й соціальні проєкти.

Результати дослідження дозволяють використовувати запропонований інструментарій як аналітичну основу для моніторингу прогресу країн у реалізації цілей сталого розвитку та для адаптації політик циркулярної трансформації відповідно до національних умов і структурних особливостей економіки.

Ключові слова: циркулярна економіка, індекс циркулярності, сталий розвиток, оцінювання, економічна циркулярність, екологічна циркулярність, соціальна циркулярність, зонування країн, країни Європи.

Форма. 17. Рис. 4. Табл. 4. Літ. 18

DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-277-349-369

JEL Classification: C43; O44; O52; Q01; Q53

¹ ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9063-3551>

² ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8942-3250>

Marina V. Savchenko, Artem V. Lozinskyi

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF A COUNTRY'S CIRCULARITY LEVEL: METHODOLOGICAL TOOLKIT AND EMPIRICAL RESULTS FOR EUROPEAN COUNTRIES

The article presents a scientifically sound approach to a comprehensive assessment of a country's circularity level, taking into account the social, economic and environmental dimensions of sustainable development. In response to the updating of the global paradigm of the circular economy (CE), the authors have developed a multi-level methodology for calculating the country's cir-

¹ Vasyli' Stus Donetsk National University, Vinnytsa, Ukraine.

² Vasyli' Stus Donetsk National University, Vinnytsa, Ukraine.

cularity index, based on three interrelated assessment levels: micro-, meso- and macroeconomic. Within each level, a system of relevant indicators was identified, which are further aggregated into block indices of economic, social and environmental circularity.

The proposed assessment algorithm involves normalizing the initial data, determining reference values, constructing weighting coefficients based on an expert survey and synthesizing the country's circularity index. In addition to calculations, the article offers a scale for interpreting the obtained index values, which allows stratifying countries by zones of circular degradation, transformation, stabilization and development.

Empirical testing of the methodology on the example of European countries according to 2023 data confirmed its effectiveness and analytical flexibility. It was found that 44.4% of EU countries are in the circular development zone (index >0.6), while 50% are in the stabilization zone. At the same time, candidate countries and states of the regional periphery found themselves in the transformation zone, which indicates the need for institutional modernization and increased investment activity in environmental and social projects.

The results of the study allow using the proposed toolkit as an analytical basis for monitoring the progress of countries in implementing sustainable development goals and for adapting circular transformation policies in accordance with national conditions and structural features of the economy.

Keywords: circular economy, circularity index, sustainable development, assessment, economic circularity, environmental circularity, social circularity, zoning of countries, European countries.

Peer-reviewed, approved and placed: 12.07.2024.

Постановка проблеми. Сучасні виклики глобального розвитку, зокрема екологічна деградація, зміна клімату, вичерпання природних ресурсів, загострюють потребу в докорінній трансформації моделей виробництва і споживання. У відповідь на ці виклики міжнародна спільнота активно просуває концепцію циркулярної економіки (ЦЕ) як основу для забезпечення довготривалої економічної, соціальної та екологічної стійкості. Циркулярна економіка надає альтернативу традиційній лінійній моделі розвитку через впровадження замкнутих циклів ресурсокористування, підвищення ресурсоефективності та мінімізацію утворення відходів.

Попри те, що ЦЕ закріплена як пріоритет у стратегічних документах багатьох країн – як розвинених, так і тих, що розвиваються, – досі відсутні єдині, валідовані наукові підходи до кількісного вимірювання рівня циркулярності національних економік, які б забезпечували міжкраїнову порівнянність, виявлення прогалин у політиках, та стратегічне управління циркулярним переходом.

На сьогодні більшість наявних досліджень зосереджуються або на секторному (галузевому) рівні, або на окремих складових циркулярності – переважно екологічних або матеріально-ресурсних показниках. Такий підхід не дозволяє врахувати соціальний вимір циркулярної економіки, інституційні особливості, а також синергію між мікро-, мезо- та макрорівнями функціонування економіки. Відсутність комплексного, інтегрального індикатора циркулярності країни значно ускладнює формування національних стратегій, ефективний моніторинг політик і узгодження дій із Цілями сталого розвитку ООН.

У цьому контексті наукова проблема полягає в наступному: як сформувати універсальну, науково обґрунтовану методику інтегрального

оцінювання циркулярності країн із урахуванням їх соціально-економічного та екологічного контексту, яка дозволить не лише об'єктивно діагностувати рівень циркулярного розвитку, але й забезпечить можливість стратифікації держав за типами циркулярної трансформації для формування адресної політики сталого зростання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Методичним та науково-практичним засадам ЦЕ присвячені напрацювання таких вчених, як: А. Авдющенко, П. Зайця, Л.Х. Вербєка [1], П. Гріффітс, С. Кайзер [2], Ю. Гена, Дж. Фу, Дж. Саркіса, Б. Сюе [3; 4], С.І. Страпчук [5], А.О. Хмільєвської, С. В. Войтко [6] та ін.

Компаративний аналіз бібліографічних джерел різних наукометричних баз, дозволив досить докладно вивчити існуючі методичні розробки в галузі оцінки ЦЕ. Проте, результати огляду підтвердили фрагментарність і методологічну неоднорідність наявних досліджень, що, у свою чергу, засвідчує відсутність універсального, стандартизованого підходу до кількісного вимірювання рівня циркулярності на макроекономічному рівні [7]. Така ситуація зумовлює актуальність подальших наукових розвідок, спрямованих на формування цілісного методичного інструментарію для оцінки ступеня розвитку циркулярної економіки в національному та міжкраїновому вимірах.

Метою дослідження є розроблення та апробація методичного підходу до інтегрального оцінювання рівня циркулярності країни з урахуванням соціальної, економічної та екологічної складових, а також формування індикативної основи для стратифікації країн за рівнем циркулярного розвитку в контексті реалізації принципів ЦЕ.

Задля вирішення поставленої мети у ході дослідження було вирішено такі наукові завдання:

- уточнити змістовне трактування індексу циркулярності країни як інтегрального показника, що відображає багатовимірну природу циркулярної трансформації;
- розробити методику обчислення блочних індексів економічної, соціальної та екологічної циркулярності із залученням релевантних індикаторів;
- сформулювати шкалу зон циркулярності країни та запропонувати критеріальну основу для класифікації країн за рівнем розвитку циркулярної економіки;
- провести емпіричну оцінку індексу циркулярності країн європейського простору на основі запропонованого інструментарію та здійснити стратифікаційний аналіз;
- сформулювати аналітичні висновки щодо стану та перспектив циркулярного розвитку в країнах Європи, а також надати науково обгрунтовані рекомендації щодо напрямів політики сталого ресурсокористування.

Основні результати дослідження. 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 [8].

У контексті цього слід врахувати такі базові положення:

1. **Врахування мікро-, мезо- та макrorівнів** 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» [9];

- виявлення ключових факторів впливу (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 [10]. 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 макrorівня – політичні рішення, економічні стимули, наукові дослідження та розробки ;

- розробка ефективних стратегій (Developing Effective Strategies). Підхід, що враховує мікро-, мезо- та макrorівні, 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 макrorівні, дозволяє політикам розробляти ефективні заходи, що спрямовані на вирішення конкретних проблем та можливостей на кожному рівні» [11]. 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 макrorівні – 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. 1).

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).

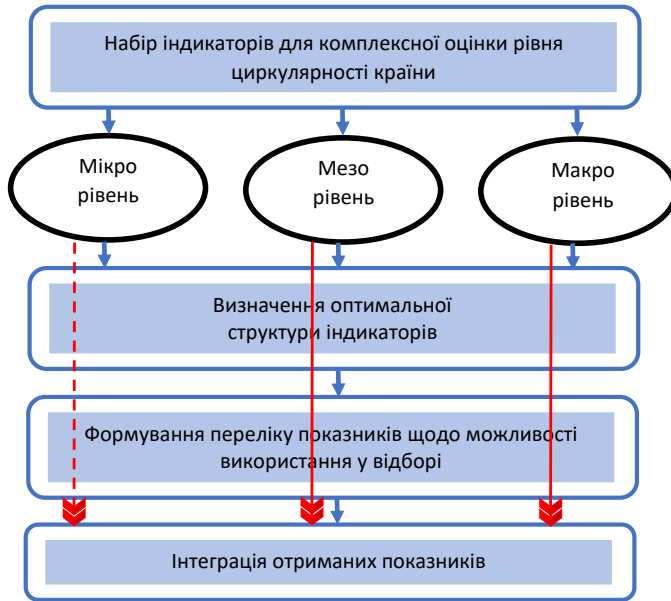


Рис. 1. Послідовність формування системи індикаторів оцінки циркулярності країни за рівнями економіки, авторська розробка

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 (наприклад, спільне використання ресурсів між підприємствами в рамках промислових парків);

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 [12]. Врахування мікро-, мезо- та макрорівнів при оцінці циркулярності дозволяє більш чітко ідентифікувати «вузькі місця» та розробити ефективні заходи, спрямовані на їх усунення [13].

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 [14]. Ігнорування будь-якого з цих трьох аспектів (екологічного, соціального чи економічного) призводить до незбалансованого та неефективного переходу до ЦЕ.

Екологічні індикатори (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 [15].

Соціальні індикатори (Social Indicators) відображають вплив ЦЕ на добробут людей, включаючи соціальну справедливість, зайнятість, умови праці, охорону здоров'я та освіти. 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. Ангтраєні, С. Вебер [16].

Економічні індикатори (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» [17].

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 [18]. 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).

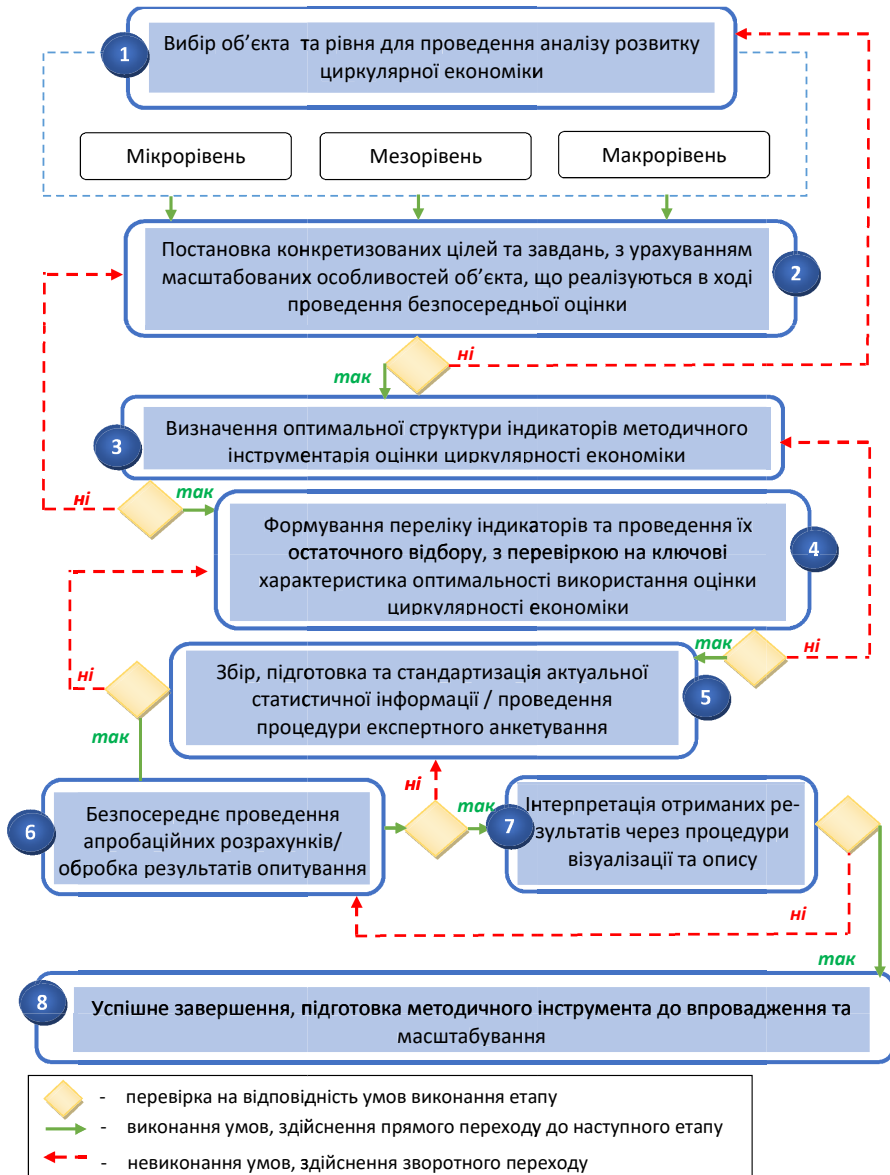


Рис. 2. Алгоритм розробки науково-методичного підходу оцінки циркулярності країни, побудовано авторами

Науково-методичний підхід щодо розробки інструментарію оцінювання циркулярності країни передбачає розрахунок інтегрального показника – індексу циркулярності країни (Іцк). 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.

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

Індекс циркулярності країни (Іцк) визначається на основі трьох блочних індексів: індекс економічної циркулярності (ІЕЦК), індекс соціальної циркулярності (ІСЦК) та індекс екологічної циркулярності (ІЕклЦК).

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. 1).

Отже, за даними табл. 1 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.

Для розрахунку блочних індексів циркулярності рекомендовано використовувати такі субіндекси:

- субіндекси циркулярності макрорівня $(I_{\text{ЕЦК}}^{\text{макро}}, I_{\text{СЦК}}^{\text{макро}}, I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{макро}})$

- субіндекси циркулярності мезорівня $(I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мезо}}, I_{\text{СЦК}}^{\text{мезо}}, I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мезо}})$

- субіндекси циркулярності мікрорівня $(I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мікро}}, I_{\text{СЦК}}^{\text{мікро}}, I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мікро}})$

Таблиця 1. Порівняльний аналіз видів циркулярності країни, складено авторами

Категорія	Сутність	Основна мета	Ключові механізми
1	2	3	4
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

У свою чергу кожний з субіндексів циркулярності певного рівня розраховується на основі одиничних індикаторів (рис. 3).

Кожен із субіндексів блочних індексів циркулярності країни розраховується на основі одиничних індикаторів, наведених у табл. 2.

Таблиця 2. Одиничні індикатори циркулярності країни, складено авторами

Індикатори економічної циркулярності	Індикатори соціальної циркулярності	Індикатори екологічної циркулярності
<i>Індикатори макrorівня</i>		
Продуктивність ресурсів в національній економіці (Емакро.1)	Рівень витрат на соціальний захист, % (Смакро.1)	Споживчий слід (ЕклМакро.1)
Енергопродуктивність національної економіки (Емакро.2)	Чисельність осіб, які перебувають під загрозою бідності або соціальної ізоляції, тис. осіб (Смакро.2)	Рівень утворення відходів на душу населення, т / осіб (ЕклМакро.2)
Залежність країни від імпорту матеріалів (Емакро.3)	Рівень довгострокового безробіття, % (Смакро.3)	Втрати від зміни клімату, млн євро (ЕклМакро.3)
<i>Індикатори мезорівня</i>		
Рівень екологічних податків (Емезо.1)	Рівень ризику бідності серед безробітних, % (Смезо.1)	Рівень переробки побутових відходів, коефіцієнт (ЕклМезо.1)
Обсяг торгівлі сировиною, що підлягає вторинній переробці, т (Емезо.2)	Кількість патентів, пов'язаних з переробкою та вторинною сировиною, одиниць (Смезо.2)	Викиди парникових газів від виробничої діяльності, кг на душу населення (ЕклМезо.2)
Екологічна прибутковість промислових підприємств (Емезо.3)	Частка персоналу, що займається НДДКР, % (Смезо.3)	Матеріальний слід (ЕклМезо.3)

Закінчення табл. 2.

Індикатори економічної циркулярності	Індикатори соціальної циркулярності	Індикатори екологічної циркулярності
<i>Індикатори мікрорівня</i>		
Частка використання циркулярних матеріалів промисловими підприємствами, % (Емікро.1)	Рівень споживання енергії в домогосподарствах на душу населення, кг нафтового еквіваленту (KGOE) /осіб (Смікро.1)	Індекс екологічності виробничого циклу (ЕклМікро.1)
Рівень приватних інвестицій у сектор ЦЕ (Емікро.2)	Особи, зайняті у секторі ЦЕ, осіб (Смікро.2)	Індекс чистоти енергоспоживання (ЕклМікро.2)
Інтенсивність викидів у повітря від діяльності промислових підприємств країни, г/євро (Емікро.3)	Частка населення, підключене щонайменше до вторинної очистки стічних вод, % (Смікро.3)	Рівень водокористування (ЕклМікро.3)

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

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

$$X = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{2n} \\ P_{m1} & P_{m2} & P_{m3} & P_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

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:

$$P_{0j}^{\text{еталон}} = \begin{cases} \min(P_{ij}), j \notin J \\ \max(P_{ij}), j \in J' \end{cases} \quad (2)$$

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:

$$K_i = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad (3)$$

де K_i – нормований індикатор циркулярності країни; P_i – фактичне значення індикатора циркулярності країни; P_{min} – мінімальне значення індикатора циркулярності країни на відповідному інтервалі для індикатора i ; P_{max} – максимальне значення індикатора циркулярності країни на відповідному інтервалі для індикатора i .

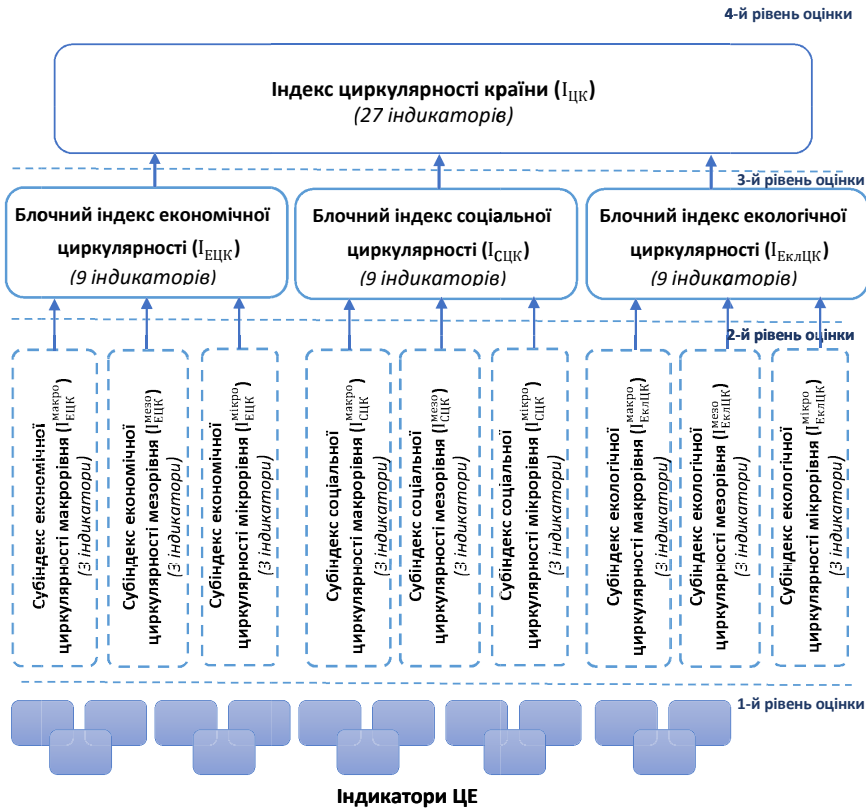


Рис. 3. Декомпозиція індикаторів оцінки циркулярності країни, розроблено авторами

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

$$K_i = \frac{P_{max} - P_i}{P_{max} - P_{min}} \quad (4)$$

4. Ранжування оціночних показників складових циркулярності країни за рівнем значимості. Результатом цього етапу є побудова деякого вектора (k_1, k_2, \dots, k_m), де k_i – коефіцієнт значимості кожної складової циркулярності країни. Аналітичну значущість показників прийнято визначати експертним шляхом [k_1, k_2, k_m] з урахуванням уявлення про важливість того чи іншого показника.

Для визначення вагомості складових економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни була розроблена анкета.

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. 3).

Таблиця 3. Ступінь впливу окремих складових циркулярності країни на її загальний рівень, складено авторами

№	Складові циркулярності країни	Вагомість
1	Економічна циркулярність країни	0,37
	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
2	Соціальна циркулярність країни	0,31
	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
3	Екологічна циркулярність країни	0,32
	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

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:

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{макро}} = \frac{E_{\text{макро.1}} + E_{\text{макро.2}} + E_{\text{макро.3}}}{3}, \quad (5)$$

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{E_{\text{мезо.1}} + E_{\text{мезо.2}} + E_{\text{мезо.3}}}{3}, \quad (6)$$

$$I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{E_{\text{мікро.1}} + E_{\text{мікро.2}} + E_{\text{мікро.3}}}{3}, \quad (7)$$

– для складових соціальної циркулярності країни:

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{макро}} = \frac{S_{\text{макро.1}} + S_{\text{макро.2}} + S_{\text{макро.3}}}{3}, \quad (8)$$

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{S_{\text{мезо.1}} + S_{\text{мезо.2}} + S_{\text{мезо.3}}}{3}, \quad (9)$$

$$I_{\text{СЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{S_{\text{мікро.1}} + S_{\text{мікро.2}} + S_{\text{мікро.3}}}{3}, \quad (10)$$

– для складових екологічної циркулярності країни:

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{макро}} = \frac{E_{\text{клМакро.1}} + E_{\text{клМакро.2}} + E_{\text{клМакро.3}}}{3}, \quad (11)$$

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мезо}} = \frac{E_{\text{клМезо.1}} + E_{\text{клМезо.2}} + E_{\text{клМезо.3}}}{3}, \quad (12)$$

$$I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мікро}} = \frac{E_{\text{клМікро.1}} + E_{\text{клМікро.2}} + E_{\text{клМікро.3}}}{3}, \quad (13)$$

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

$$I_{\text{ЕЦК}} = \alpha_1 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{макро}} + \alpha_2 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мезо}} + \alpha_3 \times I_{\text{ЕЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (14)$$

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

$$I_{\text{СЦК}} = \beta_1 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{макро}} + \beta_2 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{мезо}} + \beta_3 \times I_{\text{СЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (15)$$

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

$$I_{\text{ЕклЦК}} = \gamma_1 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{макро}} + \gamma_2 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мезо}} + \gamma_3 \times I_{\text{ЕклЦК}}^{\text{мікро}}, \quad (16)$$

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 уряни* за формулою:

$$I_{\text{ЦК}} = \delta_1 \times I_{\text{КЦК}} + \delta_2 \times I_{\text{СЦК}} + \delta_3 \times I_{\text{ЕклЦК}}, \quad (17)$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – вагомості економічної, соціальної та екологічної циркулярності країни відповідно; $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 1$.

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. 4).

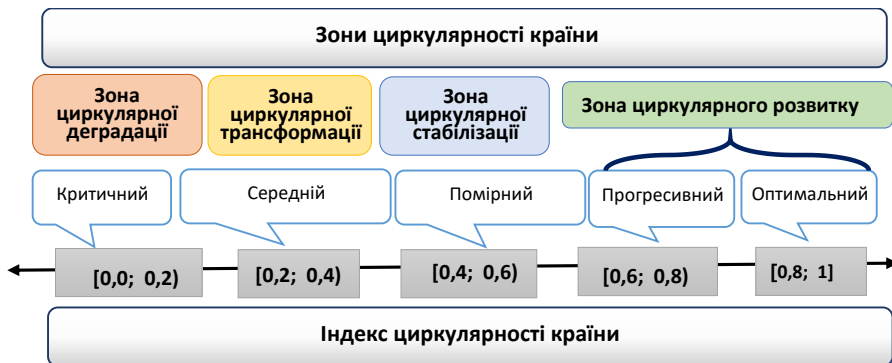


Рис. 4. Шкала визначення зон циркулярності країн відповідно до граничних значень, складено авторами

Відповідно до рис. 4 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.

Результати розрахунків кожного блочного індексу та індексу циркулярності країн Європи за 2023 р. наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Результати розрахунків блочних індексів та індексу циркулярності країн Європи за 2023 р., розраховано авторами

Країни	Блочні індекси циркулярності країни			Індекс циркулярності (І _{ЦК})	Зона циркулярності
	економічно (І _{ЕЦК})	соціальної (І _{СЦК})	екологічної (І _{ЕКЛЦК})		
1	2	3	4	5	6
Belgium	0,544	0,618	0,770	0,676	ЗЦР
Bulgaria	0,333	0,462	0,575	0,479	ЗЦС
Czechia	0,453	0,543	0,735	0,604	ЗЦР
Denmark	0,558	0,636	0,745	0,680	ЗЦР
Germany	0,592	0,724	0,783	0,738	ЗЦР
Estonia	0,494	0,500	0,562	0,548	ЗЦС
Ireland	0,513	0,496	0,745	0,612	ЗЦР
Greece	0,328	0,520	0,671	0,528	ЗЦС
Spain	0,513	0,555	0,687	0,615	ЗЦР
France	0,594	0,662	0,709	0,692	ЗЦР
Croatia	0,356	0,467	0,740	0,541	ЗЦС
Italy	0,569	0,579	0,675	0,641	ЗЦР
Cyprus	0,361	0,508	0,518	0,487	ЗЦС
Latvia	0,394	0,461	0,830	0,582	ЗЦС
Lithuania	0,411	0,450	0,765	0,563	ЗЦС
Luxembourg	0,565	0,568	0,569	0,601	ЗЦР
Hungary	0,396	0,503	0,722	0,564	ЗЦС
Malta	0,412	0,437	0,473	0,466	ЗЦС
Netherlands	0,676	0,643	0,769	0,734	ЗЦР
Austria	0,587	0,622	0,766	0,692	ЗЦР
Poland	0,462	0,571	0,682	0,600	ЗЦР
Portugal	0,302	0,590	0,680	0,548	ЗЦС
Romania	0,385	0,401	0,566	0,472	ЗЦС
Slovenia	0,359	0,546	0,710	0,562	ЗЦС
Slovakia	0,407	0,455	0,763	0,563	ЗЦС
Finland	0,429	0,593	0,613	0,574	ЗЦС
Sweden	0,509	0,600	0,719	0,640	ЗЦР
Iceland	0,302	0,543	0,504	0,474	ЗЦС
Norway	0,452	0,534	0,752	0,606	ЗЦР
Switzerland	0,429	0,658	0,639	0,607	ЗЦР
Bosnia and Herzegovina	0,205	0,335	0,459	0,347	ЗЦТ
Montenegro	0,263	0,204	0,505	0,335	ЗЦТ
North Macedonia	0,096	0,283	0,476	0,293	ЗЦТ
Albania	0,112	0,379	0,545	0,356	ЗЦТ
Serbia	0,110	0,302	0,435	0,291	ЗЦТ
Kosovo*	0,108	0,363	0,403	0,303	ЗЦТ
Türkiye	0,159	0,337	0,591	0,373	ЗЦТ

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.

1. Згідно з результатами обчислень слід відмітити домінування країн із високим рівнем циркулярності. Так, 16 країн (або 44,4% 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 (0,734), Німеччина (0,738), Франція (0,692), Данія (0,680), Бельгія (0,676) 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 (50,0%). Ці країни (зокрема Естонія, Литва, Латвія, Хорватія, Словенія, Угорщина) 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 7 країн – переважно держави Західних Балкан (Боснія і Герцеговина, Чорногорія, Північна Македонія, Албанія, Сербія, Косово), 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 односторонню 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 0,291–0,373 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.

Висновки. 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.

1. Verbeek L.H. (2016). A Circular Economy Index for the consumer goods sector. URL: <https://dspace.library.uu.nl>.

2. Cayzer S., Griffiths P., Beghetto V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy, *International Journal of Sustainable Engineering*

3. Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.* No. 42. Pp. 215–227.

4. Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *J. Clean. Prod.* No. 23. Pp. 216–224.

5. Страпчук С. І. Система показників оцінки ефективності стратегій циркулярної економіки в аграрному секторі. *Бізнес Інформ.* 2021. № 9. С. 108–115. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-108-115>.

6. Хмільєвська А.О., Войтко С.В. Формування індексу циркулярної економіки для порівняльного аналізу переходу країн Європи до циркулярної економіки. *Економіка та суспільство.* 2021. Випуск № 32. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/796/763/>

7. Савченко М.В., Лозінський А.В. Методичні підходи до оцінювання циркулярності країни в умовах системної кризи світового господарства. *Актуальні проблеми економіки.* 2023. № 11. URL: <https://eco-science.net/issue/%e2%84%96-11-269-%d0%bb%d0%b8%d1%81%d1%82%d0%be%d0%bf%d0%b0%d0%b4-2023/>.

8. Jabbour C. J. C., Jabbour A. B. L. D. S., Godinho Filho, M., Roubaud, D. (2019). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and call for papers. *Production Planning & Control.* No. 30(16). Pp. 1223-1236.

9. Elia V., Gnoni M. G., Tornese F. (2017). Designing a multi-level framework to measure circular economy performance: A comprehensive set of indicators. *Circular Economy.* No. 1(1). Pp. 1-11.

10. Parchomenko A., Nelen D., Gillabel J., Rechberger H. (2019). Measuring the circular economy – A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production.* No. 210. Pp. 200-216. URL: https://www.researchgate.net/publication/328741267_Measuring_the_circular_economy_-_A_Multiple_Correspondence_Analysis_of_63_metrics

11. Lieder M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production.* No. 115. Pp. 36-51.

12. Haas W., Krausmann F., Winder M., Heinz M., Schaffartzik A. (2015). How Circular Economy Concepts Could Contribute to Climate Change Mitigation. *Resources, Conservation and Recycling*. No. 105. Pp. 77-87.
13. Andersen M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, No. 2(1). Pp. 133-140.
14. Brundtland Report (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
15. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. No. 114. Pp. 11-32.
16. Schroeder P., Anggraeni K., Weber S. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*. No. 23(1). Pp. 77-95.
17. Lieder M., Rashid A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*. No. 115. Pp. 36-51.
18. Moreau V., Sahin O., van Griethuysen P. (2017). Defining circular economy: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. No. 135. Pp. 1515-1524.

1. Verbeek L.H. (2016). A Circular Economy Index for the consumer goods sector. URL: <https://dspace.library.uu.nl>

2. Cayzer S., Griffiths P., Beghetto V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy, *International Journal of Sustainable Engineering*

3. Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *J. Clean. Prod.* No. 42. Pp. 215–227.

4. Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *J. Clean. Prod.* No. 23. Pp. 216–224.

5. Strapchuk S. I. Systema pokaznykiv otsinky efektyvnosti stratehii tsyrkuliarnoi ekonomiky v ahrarnomu sektori. [System of indicators for assessing the effectiveness of circular economy strategies in the agricultural sector]. *Biznes Inform.* 2021. № 9. С. 108–115. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-9-108-115>.

6. Khmylevska A.O., Voitko S.V. Formuvannya indeksu tsyrkuliarnoi ekonomiky dlia porivnialnoho analizu perekhodu krain Yevropy do tsyrkuliarnoi ekonomiky. [Formation of a circular economy index for a comparative analysis of the transition of European countries to a circular economy]. *Ekonomika ta suspilstvo*. 2021. Vypusk № 32. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/796/763/>

7. Savchenko M.V., Lozinskyi A.V. Metodichni pidkhody do otsiniuvannya tsyrkuliarnosti krainy v umovakh systemnoi kryzy svitovoho hospodarstva. Aktualni problemy ekonomiky. [Methodological approaches to assessing the circularity of a country in the context of a systemic crisis of the world economy]. 2023. № 11. URL: <https://eco-science.net/issue/%e2%84%96-11-269-%d0%bb%d0%b8%d1%81%d1%82%d0%be%d0%bf%d0%b0%d0%b4-2023/>

8. Jabbour C. J. C., Jabbour A. B. L. D. S., Godinho Filho, M., Roubaud, D. (2019). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and call for papers. *Production Planning & Control*. No. 30(16). Pp. 1223-1236.

9. Elia V., Gnoni M. G., Tornese F. (2017). Designing a multi-level framework to measure circular economy performance: A comprehensive set of indicators. *Circular Economy*. No. 1(1). Pp. 1-11.

10. Parchomenko A., Nelen D., Gillabel J., Rechberger H. (2019). Measuring the circular economy – A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*. No. 210. Pp. 200-216. URL: https://www.researchgate.net/publication/328741267_Measuring_the_circular_economy_-_A_Multiple_Correspondence_Analysis_of_63_metrics

11. Lieder M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*. No. 115. Pp. 36-51.

12. Haas W., Krausmann F., Winder M., Heinz M., Schaffartzik A. (2015). How Circular Economy Concepts Could Contribute to Climate Change Mitigation. *Resources, Conservation and Recycling*. No. 105. Pp. 77-87.

13. Andersen M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, No. 2(1). Pp. 133-140.

14. Brundtland Report (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

15. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. No. 114. Pp. 11-32.
16. Schroeder P., Anggraeni K., Weber S. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*. No. 23(1). Pp. 77-95.
17. Lieder M., Rashid A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*. No. 115. Pp. 36-51.
18. Moreau V., Sahin O., van Griethuysen P. (2017). Defining circular economy: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. No. 135. Pp. 1515-1524.