

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2023. № 2.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.2.61>

УДК 339.926:339.972:339.982

М. І. Грод,
аспірант, НН інститут міжнародних відносин Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7539-5778>

В. В. Чередниченко,
магістр, НН інститут міжнародних відносин Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1065-9784>

ЦИРКУЛЯРНІ СТРАТЕГІЇ І ЦИРКУЛЯРНІ БІЗНЕС-МОДЕЛІ: ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК МАСШТАБУВАННЯ ЕКОНОМІКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ

М. Grod,
Postgraduate student, Educational and Scientific Institute of International
Relations Taras Shevchenko National University of Kyiv
V. Cherednychenko,
Master in International Economic Relations, Educational and Scientific Institute of
International Relations Taras Shevchenko National University of Kyiv

CIRCULAR STRATEGIES AND CIRCULAR BUSINESS MODELS: DIGITALIZATION AS A KEY FACTOR IN SCALING THE CIRCULAR ECONOMY

Мета статті полягає в ідентифікації змістовних характеристик циркулярної стратегії, а також виокремлення п'яти специфічних рис циркулярних бізнес-моделей. Об'єктом дослідження визначено цифровізацію як ключовий чинник масштабування економіки замкнутого циклу. З'ясовано, що формулювання циклічної стратегії передбачає переосмислення бізнес-

моделей і зміну корпоративної стратегії. Виокремлено 10 ініціатив циркулярних стратегій, а також 14 циркулярних стратегій, які сприяють підвищенню ефективності використання ресурсів та зменшують тиск на навколишнє середовище по всьому ланцюжку створення вартості.

Наголошено, що економіка замкнутого циклу передбачає потужну інтеграцію всередині ланцюжка створення вартості, оскільки якість продукту та передбачуваність його затребуваності на ринку набувають все більшого значення. Це, відповідно, формує запит на високий рівень прозорості та інформації з тим, аби досягнути масштабування економіки замкнутого циклу. Встановлено, що управління інформацією щодо конкретного бізнесу та обмін знаннями по всьому ланцюжку створення вартості є важливими рушійними силами для закриття та звуження ресурсних кіл і звуження потоків ресурсів. Моделі послуг (тобто обмін і продукт як послуга) значною мірою покладаються на дані про місцезнаходження, стан і доступність (спільних) активів і послуг, а також на інформацію та знання про вподобання та звички споживачів. Інші три моделі (циркулярне постачання, відновлення ресурсів і продовження терміну служби продукту) вимагають переважно даних та інформації про життєвий цикл продукту, наявність компонентів, склад матеріалів і специфікації, а також інструкції щодо обробки після закінчення терміну служби та утилізації. Виявлено, що масштабність циклічної діяльності обмежена низкою провалів ринку, які було детально ідентифіковано. Виокремлено цифрові технології, які сприяють розширенню окремих циклічних бізнес-моделей у ланцюжку створення вартості.

The purpose of the article is to identify the content characteristics of a circular strategy, as well as to highlight five specific features of circular business models. The object of the study is digitalization as a key factor in scaling the circular economy. Circular production and consumption business models involve firms participating in the intensification of the use of products and their complete disposal in order to find new opportunities for reuse and replacement of resources, involve consumers in sharing products, and optimize the entire value chain. Circular business models is an umbrella term for a wide variety of business models that: tend to use fewer materials and resources to produce products and/or services; include product longevity and design to extend product life to slow down the resource cycle, as well as recycling approaches to close the cycle; address issues of maintaining the economic and environmental value inherent in products,

parts and materials. In this way, supply-related material flows can be modified to improve resource efficiency and feedback resource flows. It was found that the formulation of a cyclical strategy involves rethinking business models and changing corporate strategy. 10 circular strategy initiatives are identified, as well as 14 circular strategies that improve resource efficiency and reduce environmental pressures along the entire value chain. It is noted that the circular economy implies strong integration within the value chain, as the quality of the product and the predictability of its demand in the market are becoming increasingly important. This accordingly generates a demand for a high level of transparency and information in order to achieve the scaling of the circular economy. It has been found that business-specific information management and knowledge sharing throughout the value chain are important drivers for closing and narrowing resource circles and narrowing resource flows. Service models (i.e. exchange and product as a service) rely heavily on data about the location, condition and availability of (shared) assets and services, as well as information and knowledge about consumer preferences and habits. The other three models (circular supply, resource recovery, and product life extension) primarily require data and information about the product's life cycle, component availability, material composition and specification, as well as instructions for end-of-life handling and disposal. It is revealed that the scale of cyclic activity is limited by a number of market failures, identified in detail. Digital technologies have been identified that contribute to the expansion of individual cyclical business models in the value chain. Digitalization is becoming a key factor in scaling the circular economy, which is driving the growth of existing small businesses, as well as the spread of circular business approaches in large companies. The long-term benefit of the circular economy is the reduction of direct and indirect environmental costs.

Ключові слова: *циркулярна економіка, циркулярні стратегії і бізнес моделі, цифрова циркулярна економіка, цифрові технології, фінансові інструменти, інновації, Індустрія 4.0*

Keywords: *circular economy, circular strategies and business models, digital circular economy, digital technologies, financial instruments, innovations, Industry 4.0*

Постановка проблеми. Циркулярна економіка (ЦЕ) та Індустрія 4.0 (І4.0) виступають двома найважливішими промисловими парадигмами, які які детермінуватимуть розвиток виробничих процесів найближчими

десятиліттями. ЦЕ постає тут як промислова система, яка: є відновною (регенеративною) за своєю природою; переходить на використання відновлюваних джерел енергії; виключає використання токсичних хімікатів (що ускладнює повторне використання); спрямована на усунення відходів за рахунок нового дизайну матеріалів і продуктів; реалізує себе через впровадження нових бізнес-моделей. ЦЕ дозволяє відокремити економічне зростання від обмежених ресурсів, надаючи можливості для бізнесу щодо нових способів створення вартості, отримання доходів, зниження витрат, забезпечення стійкості. Натомість І4.0 є парадигмою, що відноситься до широкого кола понять, чітка класифікація яких, а також їх точне розмежування неможливі. Більшість визначення І4.0 вважають передові цифрові технології основним її драйвером, серед яких: великі дані та аналітика; автономні роботи та транспортні засоби; адитивне виробництво; моделювання; доповнена та віртуальна реальність; горизонтальна/вертикальна системна інтеграція; Інтернет речей (IoT); хмарні, туманні та граничні технології; блокчейн; кібербезпека. Інтеграція цих технологій у промислове виробництво може забезпечити зростання його продуктивності та конкурентоспроможності за рахунок: інтеграції нових виробничих рішень; доступності зелених фінансів; розширення ринку; управління ланцюжками поставок; управління життєвим циклом продукту; розширення можливостей для робочої сили; впровадження нових бізнес-моделей.

Відповідно до нещодавно опублікованого звіту Circularity Gap Report 2022, зі 100 мільярдів тонн матеріалів, які потрапляють у світову економіку щороку, лише, 6% повертаються назад. Це створює вражаючий розрив у циркулярності понад 91%, який потенційно можна скоротити за допомогою імплементації нових стратегій бізнес діяльності [1]. Приблизно 50 % поточних світових викидів парникових газів є результатом видобутку та переробки природних ресурсів, а попит на сировину у світі, як прогнозують, істотно збільшиться до 2050 р. [2]. Інвестиційна стратегія, спрямована на

циркулярні проекти, порівняно зі звичайною моделлю ведення бізнесу, з макроекономічної точки зору, може призвести до зниження вартості сировини на 10% і збільшення ВВП у ЄС 7% до 2030 року [3]. Проте для здійснення такого прориву необхідні інноваційні циркулярні стратегії, спрямовані на створення необхідної інфраструктури.

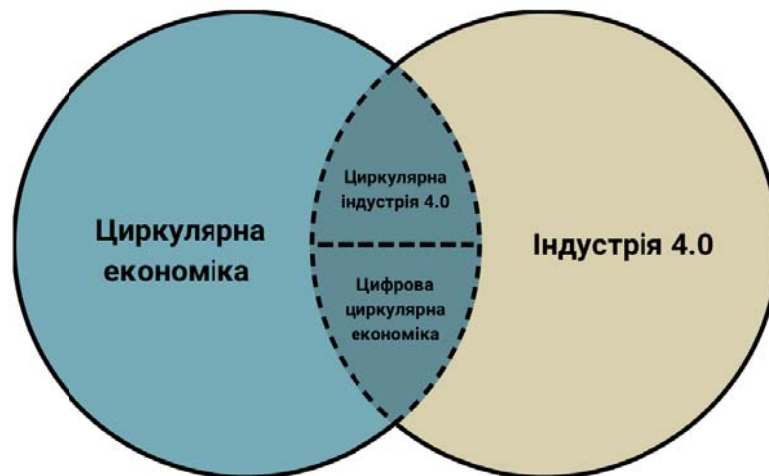


Рис. 1. Координація циркулярної економіки і Індустрії 4.0

Джерело: розроблено автором

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Циркулярність як принцип господарювання та складова політекономії сталого розвитку опинилась в дослідницькому ракурсі О. Іващенко [4; 5]. І. Зварич обґрунтовала концептуальні положення теоретико-методологічної моделі глобальної інклюзивної циркулярної економіки. До числа системних характеристик циркулярної самоорганізації відома дослідниця І. Зварич зарахувала сталий розвиток, стабільність, інклюзивне зростання, розширення можливостей створення власного капіталу, рівність доступу до ресурсів і розподілу благ, а до принципів циркулярної самоорганізації — збереження ресурсів для майбутнього та раціоналізацію їхнього використання, а також протидію дисфункції управління [6; 7; 8]. Процес формування та розвитку глобальної інклюзивної циркулярної економіки І. Зварич запропонувала

розглядати з призми: теорії нового прагматизму; теорії кліматичних змін та їх впливу на економіку, що, зокрема, передбачає необхідність оподаткування викидів вуглецю; польової «лабораторії боротьби з бідністю»; регенеративного дизайну; Cradle-to-Cradle (C2C) підходу, коли природа постає як модель для розвитку (що передбачає усунення поняття відходів і використання потужності відновлюваної енергії); промислової екології (що обмовлює запит на проектування виробничих процесів відповідно до місцевих екологічних обмежень); біомімікрії (проектування та виробництво матеріалів, конструкцій та систем, що моделюються на біологічних утвореннях та процесах) [6, с.412]. Циркулярна ефективність, знаходження компліментарних партнерів і масштабність циркулярної ініціативи визначені І. Зварич, Р. Зварич [7; 8], А. Крисоватим [9] драйверами успішного створення ініціатив в процесі імплементації глобальних циркулярних ланцюгів створення доданої вартості основних. Т. Мельник [10], Н. Резнікова [11-13] аналізували динаміку трансформаційних процесів на шляху до циркулярної економіки з позицій глобальних проблем міжнародного економічного розвитку крізь призму конкурентоспроможності, ресурсозабезпеченості і сталого розвитку.

Мета статті полягає в ідентифікації змістовних характеристик циркулярної стратегії, а також виокремлення специфічних рис циркулярних бізнес-моделей, що дозволить згрупувати їх за запропонованими ознаками. Об'єктом дослідження визначено цифровізацію як ключовий чинник масштабування економіки замкнутого циклу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Формулювання циклічної стратегії зрештою означає переосмислення бізнес-моделей і зміну корпоративної стратегії. Така циркулярна революція здатна вплинути на всі сфери кожної економічної галузі та компанії. Циклічна стратегія вимагає, щоб бізнес-лідери формували стратегію розвитку, виходячи із довгострокової перспективи та боролися з шорттермізмом (див.Табл.1).

Таблиця 1. Визначення змісту циркулярних стратегій

Ініціативи ЦЕ	Складові ініціатив		Визначення
Акцент на поновлюваних ресурсах	1)	<i>Циркулярний сорсинг</i>	Заміна у виробничому процесі обмежених ресурсів/матеріалів поновлюваними, біологічними чи переробленими матеріалами.
	2)	<i>Сталий дизайн</i>	Розробка продуктів та вибір на користь тієї іншої сировини таким чином, щоб їх можна було ефективно розбирати, повторно використовувати, ремонтувати та переробляти
	3)	<i>Ресурсо-ефективність</i>	Оптимізація у виробничому процесі використання сировини/ресурсів і мінімізація відходів
Максимальне використання продукту	4)	<i>Продукт як послуга</i>	Надання послуги у сферах, які традиційно продавалися як продукти; збільшення життєвого циклу продукту за рахунок його перепрофілювання наприкінці використання
	5)	<i>Спільне використання/ віртуалізація</i>	Процес спільного користування активів тривалого користування, такими як автомобілі, житлове приміщення, побутова техніка, оцифровані товари, щоб збільшити термін їхньої служби
	6)	<i>Оптимізація використання/ обслуговування</i>	Підвищення продуктивності / ефективності продукту та продовження терміну служби за рахунок обслуговування
	7)	<i>Повторне використання/ розповсюдження</i>	Покупка та продаж вживаних продуктів, щоб збільшити життєвий цикл продукту
Відновлення побічних продуктів і відходів	8)	<i>Ремонт/переробка</i>	Замість того, щоб повторно виробляти продукти або компоненти для нового використання, надавати перевагу вторинній переробці
	9)	<i>Промисловий симбіоз Переробка з виробництва</i>	Відходи або побічні продукти виробництва стають сировиною для іншого продукту
	10)	<i>Переробка на етапі споживання</i>	Утилізація викинутих матеріалів після закінчення споживання

Джерело: [14]

Циркулярна бізнес-моделей має кілька специфічних характеристик, які не взаємовиключають одна одну, і можуть проявитись одночасно: 1)

горизонтальна та вертикальна інтеграція ланцюга (наприклад, використання власних відходів у новій упаковці); 2) організація замкнутого ланцюжка (як на рівні компанії, або в кластері компаній, організацій і мереж, коли цикл (петля) зворотного зв'язку є ланцюжком причинно-наслідкових зв'язків, що виходить із запасу і повертається до нього ж; такий замкнутий ланцюжок причинно-наслідкових зв'язків, які не лише реалізуються через набір рішень чи правил, фізичних законів чи дій не лише залежать від рівня запасу, а й впливають нього); 3) стратегічною метою визнається зменшення впливу на навколишнє середовище порівняно з лінійними альтернативами; 4) організація формується таким чином, щоб зберегти цінність як сировини, так і оброблених матеріалів, компонентів і продуктів, а також використовувати їх знову і знову в кількох циклах виробництва; 5) заохочення різних форм сервісизації (продукт як послуга), що дає можливість використовувати різні моделі доходів [15]. Визнається, що циркулярність вимагатиме інвестицій, які принесуть прибуток, якщо вони базуються на середньо- або довгостроковій візії, що потребує розробки стратегій на перспективу.

Це дозволяє нам згрупувати циркулярні бізнес-моделі за такими ознаками: циркулярні конструкції та серійні моделі; моделі циркулярного використання; циклічні моделі відновлення вартості; циркулярна підтримка.

Група 1: Циркулярні конструкції та серійні моделі.

1) Розробка та виробництво продуктів та активів, які дозволяють реалізувати стратегії економіки замкнутого циклу, наприклад, за допомогою (i) підвищеної ефективності використання ресурсів, довговічності, функціональності, модульності, можливості модернізації, простоти розбирання та ремонту; (ii) використання матеріалів, що підлягають вторинній переробці або компостуванню.

2) Розробка та впровадження технологічних процесів, що дозволяють реалізувати стратегії економіки замкнутого циклу.

3) Розробка та стале виробництво нових матеріалів (включаючи матеріали на біологічній основі), придатних для повторного використання, переробки чи компостування.

4) Заміна або суттєве скорочення кількості речовин, що викликають занепокоєння, у матеріалах, продуктах та активах для реалізації стратегій економіки замкнутого циклу.

5) Заміна первинних матеріалів вторинною сировиною та побічними продуктами.

Група 2: Моделі циркулярного використання.

6) Повторне використання, ремонт, відновлення та перетворення продуктів, що відслужили свій термін або непотрібних продуктів, рухомих активів та їх компонентів, які інакше були б утилізовані.

7) Ремонт та перепрофілювання тих продуктів, що відслужили свій термін або нерухомих активів (будівель/інфраструктури/споруд).

8) Моделі «продукт як послуга», повторне використання та спільне використання, засновані, зокрема, на схемах оренди, оплати за фактом використання, передплати або повернення застави, які дозволяють застосовувати стратегії економіки замкнутого циклу.

9) Ревіталізація деградованих земель та реабілітація занедбаних або маловикористовуваних занедбаних ділянок у рамках підготовки до перепланування.

Група 3: Циклічні моделі відновлення вартості.

10) Роздільний збір та зворотна логістика відходів, а також надлишкових продуктів, деталей та матеріалів, що забезпечують циклічне збереження цінності та стратегії відновлення.

11) Відновлення матеріалів з окремо зібраних відходів у рамках підготовки до циклічних стратегій утримання та відновлення.

12) Відновлення та підвищення цінності окремо зібраних відходів та залишків біомаси, таких як продукти харчування, корми, поживні речовини, добрива, матеріали на біологічній основі або хімічна сировина.

13) Повторне використання/рециркуляція стічних вод.

Група 4: Циркулярна підтримка.

14) Розробка інструментів та послуг, що забезпечують реалізацію стратегій економіки замкнутого циклу.

Усі 14 циркулярних стратегій сприяють підвищенню ефективності використання ресурсів та зменшують тиск на навколишнє середовище по всьому ланцюжку створення вартості. Проте важливо зазначити, що не підвищення ефективності використання ресурсів сприяють економіці замкнутого циклу. Експертна група Комісії з фінансування економіки замкнутого циклу [16] та Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) [17] визначає ефективність використання ресурсів внаслідок: (i) скорочення споживання ресурсів; (ii) забезпечення збереження вартості та/або стратегії відновлення вартості на всіх етапах ланцюжка створення вартості. При цьому діяльність, спрямована на рекуперацію енергії з відходів і залишків (як наприклад, *RDF (Refuse Derived Fuel)*, спеціально вироблене тверде (гранульоване) паливо, що виробляється з твердих побутових відходів, яке знаходить запит з боку цементної промисловості, яка залежить від коливань цін на традиційні вуглеводневі джерела енергії, як то природний газ, мазут або кокс), виключена із системи категоризації економіки замкнутого циклу. Це пов'язано з тим, що підвищення ефективності використання ресурсів у результаті перетворення відходів в енергію та відходів у паливо обмежене порівняно з діяльністю у вищезгаданих категоріях економіки замкнутого циклу, особливо з урахуванням втрати вартості потенційно придатних для повторного використання матеріалів. Діяльність з виробництва та використання відновлюваної енергії, а також діяльність, що підтримує ефективне використання енергії, також виключена із системи класифікації циркулярної економіки. Тим не менш, Експертна група Комісії з фінансування економіки замкнутого циклу та ЄІБ вважають, що виробництво відновлюваних джерел енергії (включаючи біомасу, сонячну, вітрову та гідроенергію) та ефективне використання енергії є

стійкими і сталими видами діяльності, які відіграють ключову роль у підтримці переходу до економіки замкнутого циклу.

Слід наголосити, що економіка замкнутого циклу передбачає потужну інтеграцію всередині ланцюжка створення вартості, оскільки якість продукту та передбачуваність його затребуваності на ринку набувають все більшого значення. Це, відповідно, формує запит на високий рівень прозорості та інформації з тим, аби досягнути масштабування економіки замкнутого циклу [18], і зробити внесок у розробку нової концепції власності на продукти та матеріали, які потребують нових способів транзакцій, моніторингу та контролю [19], що, в свою чергу, потребує підключення та інтеграції даних. Цифрові технології, таким чином, забезпечують основу розвитку циркулярних бізнес-моделей, адже у цифровій бізнес-моделі, такій як спільне використання машин, інструментів або автомобілів, якість обслуговування та задоволеність клієнтів визначаються не лише якістю фізичного продукту (наприклад, автомобіля), але навіть більшою мірою якістю товару, цифрової послуги, тобто програми, через яку користувач може зробити замовлення, забронювати, внести зміни в останню хвилину або подивитися, де можна знайти продукт. Цифрова частина бізнесу визначає здійсненність, зручність використання та задоволеність клієнтів (або, швидше, користувачів). Якщо ставиться за мету зміцнення та розширення цифрової економіки, необхідно й надалі інтегрувати цифрові технології, такі як Інтернет речей, великі дані та штучний інтелект у існуючі підходи до циркулярного бізнесу для надання таких послуг та інформації. Цифровізація стає ключовим чинником масштабування економіки замкнутого циклу. Це включає стимулювання зростання існуючих малих підприємств, а також поширення циркулярних бізнес-підходів у великих компаніях.

Довгостроковою перевагою циркулярної економіки є скорочення прямих (менеджмент відходів) і непрямих екологічних витрат. Стійкі бізнес-моделі спрямовані на прискорення переходу від теорії до практики, включаючи максимальне використання матеріалів та енергоефективності,

створення вартості з відходів, заміну матеріалів поновлюваними та природними матеріалами, надання користувачам функціоналу, а не об'єктів власності. За даними Всесвітньої ради підприємців зі сталого розвитку (WBCSD) [20] та «GLOBAL RESOURCES OUTLOOK—Natural Resources for the Future We Want» [21], компанії, що переходять на бізнес-моделі замкнутого циклу, можуть отримати значні переваги, у тому: прискорення зростання зі створенням робочих місць; інновації та конкурентні переваги; зниження витрат; зниження енергоспоживання та викидів CO₂; розширений ланцюжок постачання та ресурсна стійкість. Згідно з дослідженням Європейської комісії [22], залежно від способу обробки відходів, може бути створена низка нових робочих місць: при спалюванні кожних 10 тисяч тон використаної продукції можна створити одне робоче місце, шість робочих місць – при закопуванні, 36 робочих місць – при рециклінгу відходів і до 296 робочих місць при їх відновленні і повторному використанні.

Нові бізнес-моделі стають джерелом інновацій: вони забезпечують можливість застосовувати результати різних видів інновацій у продуктах, послугах, процесах тощо. Дослідивши європейський досвід впровадження концепції циркулярної економіки, експерти компанії Accenture розробили загальновизнану класифікацію інноваційних бізнес-моделей, що реалізуються як окремо, так і спільно [23]:

1. Циркулярні поставки (Circular suppliers) – модель, в якій обмежені ресурси замінюються на повністю поновлювані джерела. Така модель заснована на тривалих наукових дослідженнях і розробках, що передбачає повне забезпечення ресурсами, що переробляються чи біологічно розкладаються та становлять основу циркулярної системи виробництва і споживання. Цю модель найчастіше реалізують у галузях автомобілебудування та енергетики.

2. Відновлення ресурсів (Resources recovery) – модель, що базується на використанні технологічних інновацій в сфері відновлення і повторного використання ресурсів. Це дає можливість мінімізувати завдяки зниженню

відходів та підвищенню рентабельності виробництва продукції□ від зворотних потоків. Така модель найбільше підходить для підприємств, що виробляють великі обсяги побічних продуктів для ефективного відновлення і переробки відходів.

3. Платформи для обміну і спільного використання (Sharing platforms) – ця модель ґрунтується на обміні або спільному використанні товарів або активів. Забезпечує просування платформ для взаємодії□ між користувачами продукту (окремими особами чи організаціями), підвищуючи тим самим рівень їх використання.

4. Продовження життєвого циклу продукції (Product life extension) – модель, що дозволяє бізнесу продовжити життєвий цикл своїх виробів за рахунок ремонту, модернізації, реконструкції або відновлення. Більше підходить для виробників промислового устаткування, нові моделі якого забезпечують незначне збільшення продуктивності порівняно із більш ранніми.

5. Продукт як послуга (Product as a Service) – модель, у якій клієнти використовують продукцію, яку орендують (через договір оренди, лізингу тощо) з оплатою за фактом використання - альтернатива купівлі. Коли виробник зберігає право власності на всі матеріали й обладнання, виникає стимул для створення продукту із довгим життєвим циклом (для забезпечення довговічності контракту на обслуговування), якому необхідне мінімальне обслуговування (для зменшення накладних витрат на обслуговування і підтримання задоволеності клієнтів), оптимізація для повторного використання або утилізації окремих деталей після закінчення терміну існування.

Перелаштування бізнесу в напрямку циркулярної економіки розпочинається з таких ініціатив [24]: (1) Проведення аналізу функцій продукту в рамках цінності для споживачів. Часто матеріали можна замінити на відновлювані без втрати якості. (2) Переведення логістики у двосторонній режим (забезпечити можливість повернення матеріалів від споживачів на

виробництво). (3) Проведення спільних досліджень з іншими компаніями. (4) Пошук ринків вторинного використання. Нові ринки за межами традиційного сектора діяльності можуть значно збільшити базу клієнтів компанії і забезпечити зростання прибутку. (5) Якісна комунікація з клієнтами щодо продукту і потреб, що змінюються. Циркулярна економіка побудована на безперервному зв'язку зі споживачем та пошуку нових можливостей.

В процесі розробки і реалізації моделі циркулярної економіки можливі проблеми в системі управління, такі як [25]: (1) Нераціональне управління ресурсами. Так як природно-ресурсний потенціал має сам по собі має тенденцію до скорочення, недостатньо ефективні природоохоронні заходи можуть прискорити цей процес. На сьогодні потребують вирішення проблеми переробки, захоронення та управління з відходами різних категорій. (2) Порушення пропорційності Стратегічних переваг розвитку. Стратегічне управління галузями переважно досягається в рамках лінійної моделі економіки, за якою зростання можливо за рахунок екстенсивного варіанту розвитку подій. Невеликою залишається частка інноваційних підходів, що були реалізовані. (3). Масштабування управління на низькому рівні. При плануванні необхідно скоротити дублювання і декларативний характер стратегічних завдань, а також визначити інструменти реалізації програми.

На Рис.2 зображено цифрові технології, які сприяють розширенню окремих циклічних бізнес-моделей у ланцюжку створення вартості. Внутрішнє та зовнішнє кола представляють окремі етапи ланцюга створення вартості та циклічні бізнес-моделі відповідно. Вони з'єднані через центральне коло, яке ілюструє (комбінації) доступних цифрових технологій.

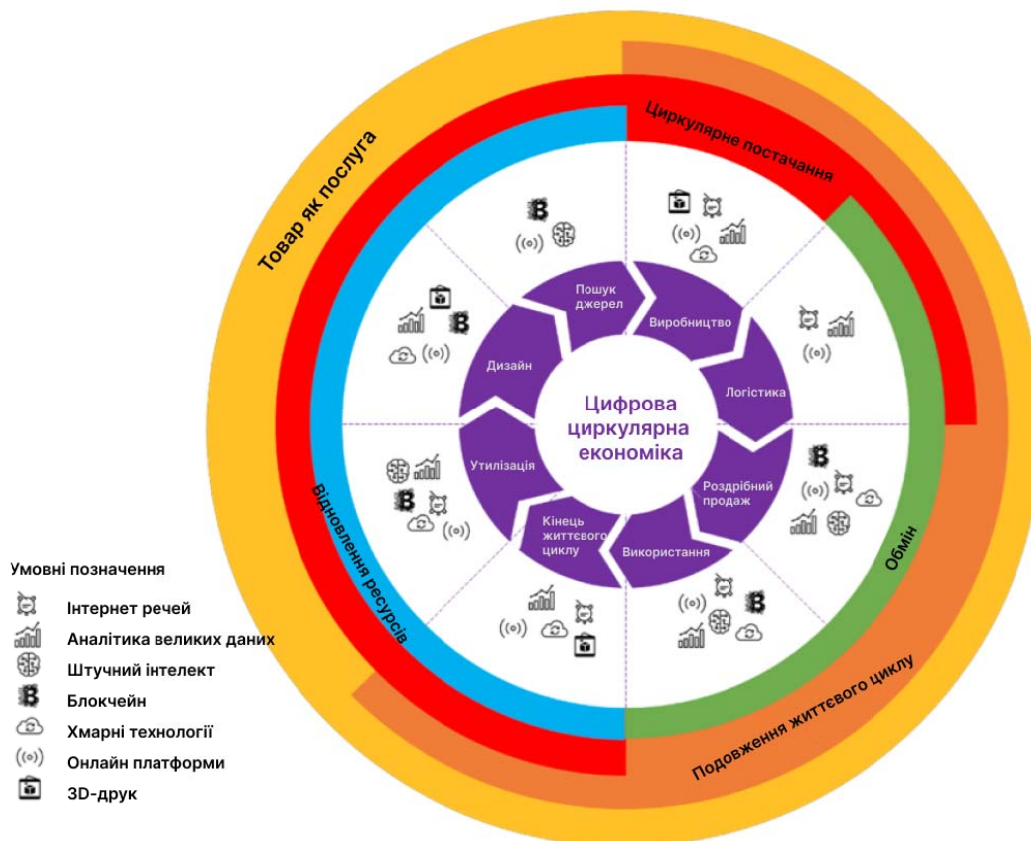


Рис. 2. Цифрові технології, що сприяють розширенню циклічних бізнес-моделей
Джерело: [26]

Різні типи даних, інформації та знань необхідні для сприяння різним циркулярним бізнес-моделям, що працюють на різних етапах ланцюжка створення вартості. Наприклад, моделі спільного використання (зазвичай застосовувані на стадіях логістики, роздрібної торгівлі та використання ланцюжка створення вартості) значною мірою сприяють зіставленню постачальників активів із споживачами за допомогою персоналізованого пошуку, систем рекомендацій, інтелектуального встановлення цін і безпечного обміну цінностями. Ці функції забезпечуються завдяки даним про місцезнаходження, стан і доступність спільних активів, а також знанням про поведінку та вподобання споживачів, створеним за допомогою поєднання Інтернету речей, хмарних обчислень, машинного навчання, ШІ та технологій блокчейн.

Моделі продовження терміну служби продукту (які розширюють охоплення моделей спільного використання, включаючи також стадії

виробництва та завершення терміну служби продуктів) вимагають даних про стан і кінець терміну служби продуктів, частин і обладнання, а також інформації про матеріал, довговічність і ремонт, щоб продукти, компоненти та матеріали довше залишалися в економіці. Хоча IoT, великі дані та штучний інтелект дозволяють спільно визначати стан робочого обладнання на етапі використання, комбінаторна сила великих даних та штучного інтелекту дозволяє розробникам приймати кращі рішення на етапі проектування.

Моделі циклічного постачання в основному керуються даними про походження та склад продуктів і матеріалів, що супроводжуються інформацією про обробку, інструкціями щодо ремонту та умовами переробки. Технологія Blockchain, яка дозволяє відстежувати походження матеріалу від проектування, через пошук, до виробництва та утилізації, дозволяє реєструвати типи та види матеріалів, що продаються, збираються та обробляються, і таким чином зменшує інформаційний розрив між зацікавленими сторонами вище та нижче за ланцюжком.

Моделі відновлення ресурсів, що перетинаються з циклічним постачанням, охоплюють виробництво вторинної сировини з потоків відходів шляхом переробки або промислового симбіозу. Щоб бути оперативними, вони потребують даних про зібрану та відсортовану кількість, а також про наявність і можливість повторного використання матеріалів, а також інформацію про компоненти та можливість їх переробки. Їх можна отримати через контейнери для збирання відходів, обладнані IoT, логістичні системи на основі штучного інтелекту, ідентифікацію продуктів із підтримкою машинного навчання та можливості оцінки вартості на станціях збору відходів та онлайн-платформи, що сприяють пошуку цифрових матеріалів для повторного використання.

Нарешті, бізнес-моделі системи продукт-сервіс поєднують фізичний продукт із компонентом послуги по всьому ланцюжку створення вартості. Щоб забезпечити широкомасштабний доступ до послуг, пов'язаних із певним

продуктом, послугою чи обладнанням (без фактичного володіння ними), дані про їх розташування, стан і доступність, інформація про їх використання та потреби в обслуговуванні, а також знання про переваги споживачів і їх поведінку необхідні. Їх можна отримати за допомогою інтелектуальних сервісів, які підтримують IoT, AI, big data та онлайн-платформи, що працюють на основі хмарної інфраструктури.

Управління інформацією щодо конкретного бізнесу та обмін знаннями по всьому ланцюжку створення вартості є важливими рушійними силами для закриття та звуження ресурсних кіл і звуження потоків ресурсів. Моделі послуг (тобто обмін і продукт як послуга) значною мірою покладаються на дані про місцезнаходження, стан і доступність (спільних) активів і послуг, а також на інформацію та знання про вподобання та звички споживачів. Інші три моделі (тобто циркулярне постачання, відновлення ресурсів і продовження терміну служби продукту) вимагають переважно даних та інформації про життєвий цикл продукту, наявність компонентів, склад матеріалів і специфікації, а також інструкції щодо обробки після закінчення терміну служби та утилізації.

Масштабність циклічної діяльності обмежена низкою провалів ринку (Рис.3).

Інтеграція управління даними та інформацією в ланцюгах доданої вартості є важливою для подолання перешкод на шляху розширення економіки замкнутого циклу. Такі бар'єри пов'язані з глибоко вкоріненими лінійними практиками, складним поєднанням процесів і матеріалів, а також відсутністю доступу до ресурсів, співпраці між відповідними суб'єктами та регулюванням. Існують різні нефінансові бар'єри, які обмежують впровадження циркулярної економіки. Примітно, що ринкові збої (також названі ринковою неефективністю) перешкоджають добре функціонуючим ринкам (у цьому контексті замкнутої економіки) і, таким чином, заважають їм забезпечувати суспільству ефективні результати [27]. Наприклад, неспроможність інтерналізувати екологічні зовнішні ефекти від видобутку

сировини та поводження з відходами (тобто ціни на кінцеву продукцію, що не враховують витрати, понесені забрудненням повітря, землі та води в результаті первинного виробництва матеріалів та управління ними в кінці життєвого циклу) призводять до неоптимального споживання таких продуктів і матиме негативні наслідки для ринків вторинного відновлення матеріалів.



Рис. 3. Ринкові провали, що перешкоджають розвитку циркулярної економіки
Джерело: [26]

У наявній літературі були виявлені різні недоліки ринку [28; 29], пов'язані з ефективністю використання ресурсів і економікою замкнутого циклу. Вони варіюються від зовнішнього впливу на навколишнє середовище та недостатнього забезпечення суспільними благами (включаючи технологічні зовнішні ефекти), через недостатню конкуренцію (спричинену високими транзакційними витратами, браком впевненості та неохочістю споживачів до ризику), до недосконалої інформації та розколу стимулів. Хоча всі ці неефективності є важливими для ринків загалом, найбільш сильний вплив мають саме чотири категорії ринкових збоїв, які особливо

перешкоджають впровадженню циркулярної економіки: 1) недосконала інформація щодо стану та наявності компонентів і продукції, складу потоків відходів, а також якості вторинних матеріалів; 2) транзакційні витрати, пов'язані з пошуком і переговорами з клієнтами та постачальниками, а також витрати, пов'язані з невизначеністю щодо утворення та складу відходів; 3) зовнішні ефекти споживання та уникнення ризику щодо якості кінцевих товарів, вироблених із вторинної сировини; 4) технологічні зовнішні ефекти, пов'язані з відновленням ресурсів і децентралізованим виробництвом компонентів або кінцевої продукції.

Висновки. Враховуючи трансмісійні канали, через які технології І4.0 впливають на ЦЕ, можна стверджувати, що технології І4.0 здатні внести зміни в управління життєвим циклом продуктів. Цифрові технології можуть сприяти усуненню недоліків ринку та масштабуванню переходу до ресурсоефективної та замкнутої економіки.

Література

1. CGRI. FIVE YEARS of the Circularity Gap Report. 2022. URL: <https://www.circularity-gap.world/2022>
2. World Economic Forum. Here's how we can double the size of the circular economy in ten years. 2022. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/double-circular-economy-in-ten-years/>
3. Ellen MacArthur Foundation. Achieving „Growth Within”. A 320-Billion Circular Economy Investment Opportunity available to Europe up to 2025. 2017. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Achieving-Growth-Within-20-01-17.pdf>
4. Іващенко О. А. Концепція сталості у фокусі цілей сталого розвитку. *Стратегія розвитку України: фінансово-економічний та гуманітарний аспекти: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції*. Київ: «Інформаційно-аналітичне агентство», 2019. С. 289–291.

5. Іващенко О. А. До питання про співвідношення понять «зелене зростання», «сталий розвиток», і «зелена економіка»: від колізії до консенсусу. *Бізнес-аналітика в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 17 березня 2021 року* / Упоряд. О. А. Іващенко. Київ: ДП «Інформаційно-аналітичне агентство», 2021. С. 132–136.
6. Зварич І. Я. Парадигма глобальної інклюзивної циркулярної економіки: дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.02. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 512 с.
7. Зварич І. Циркулярна економіка і глобалізоване управління відходами. *Журнал європейської економіки*. 2017. Том 16, №1(60). С. 41-57.
8. Зварич І. Я. Еволюція концептуальних систем: циркулярна економіка & інклюзивна економіка. *Науковий погляд: економіка та управління*. 2018. № 3. С. 15-22.
9. Krysovaty A., Zvarych R., Zvarych I., Reznikova N., Homotiuk V. Circular economy as an anti-crisis method for global economy recovery under COVID-19: employment and tax shift effect. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2021. Vol. 8 (2). P. 463-472.
10. Melnyk T., Reznikova N., Ivashchenko O. Problems of statistical study of “green economics” and green growth potentials in the sustainable development context. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2020. Vol. 6 (3). P. 87–98.
11. Reznikova N., Zvarych I., Zvarych R., Ivashchenko O. The impact of the Russian-Ukrainian war on the green transition and the energy crisis: Ukrainian scenario of circular economy development. *Statistics in Transition New Series and Statistics of Ukraine. Joint Special Issue: A New Role For Statistics*. 2022. Vol. 23 (5). P. 11–18.
12. Reznikova N., Ivaschenko O., Rubtsova M. Global problems as a subject of interdisciplinary studies in the focus of international economic security and sustainable development. *Економіка та держава*. 2020. №. 7. С. 24–31.
13. Резнікова Н.В., Панченко В.Г., Іващенко О.А. Вплив кон'юнктури ринку рідкоземельних елементів на економічну та енергетичну безпеку держав: перспективи інституційного регулювання ресурсного

протистояння й інноваційно-технологічного потенціалу конкурентоспроможної зеленої економіки. *Ефективна економіка*. 2021. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9068>.

14. PwC Study. The road to circularity. Why a circular economy is becoming the new normal. 2017. URL: <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-the-road-to-circularity-en.pdf>

15. Jonker J., Faber N., Haaker T. Quick Scan Circular Business Models. 2022. URL: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/quick-scan-circular-business-models_ebook.pdf

16. Support to Circular Economy Financing Expert Group. 2022. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&do=groupDetail.groupDetail&groupID=3517>

17. European Investment Bank. The EIB in the circular economy. 2020. URL: https://www.eib.org/attachments/thematic/circular_economy_en.pdf

18. Blum N. U., Haupt M., Bening C. R. Why “Circular” doesn’t always mean “Sustainable”. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020. Vol. 162. URL: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/426900/3/1-s2.0-S0921344920303591-main.pdf>

19. 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.

20. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). CEO Guide to the Circular Bioeconomy. 2019. URL: <https://www.wbcsd.org/Archive/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Bioeconomy>

21. Global Resources Outlook. Natural Resources for the Future We Want. 2019. URL: https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/unep_252_global_resource_outlook_2019_web.pdf

22. European Commission. Impacts of Circular Economy Policies on the Labour Market. Final Report and Annexes. 2018. URL:

https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/ec_2018_-_impacts_of_circular_economy_policies_on_the_labour_market.pdf

23. Accenture. Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. 2014. URL: https://www.accenture.com/t20150523t053139__w__/us-en/_acnmedia/accenture/conversionassets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accenture-circular-advantage-innovative-business-models-technologiesvalue-growth.pdf

24. Millar N., McLaughlin E., Börger T. The circular economy: Swings and roundabouts? *Ecological Economics*. 2019. Vol. 158. P. 11–19.

25. Inigo E. A., Blok V. Strengthening the socio-ethical foundations of the circular economy: Lessons from responsible research and innovation. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 233. P. 280–291.

26. OECD. Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. 2022. URL: <https://www.oecd.org/publications/digitalisation-for-the-transition-to-a-resource-efficient-and-circular-economy-6f6d18e7-en.htm>.

27. Панченко В.Г., Резнікова Н.В., Булатова О.В. Регуляторна конкуренція в цифровій економіці: нові форми протекціонізму. *Міжнародна економічна політика*. 2020. №1-2(32-33). С. 50-80.

28. Govindan K., Hasanagic M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research*. 2018. Vol. 56 (1-2). P. 278-311

29. Hughes N., Ekins P. The Role of Policy in Unlocking the Potential of Resource Efficiency Investments. 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/327151271_The_Role_of_Policy_in_Unlocking_the_Potential_of_Resource_Efficiency_Investments_The_Economics_and_Politics_of_Financing_the_Resource_Transition

References

1. GDPR (2022), “FIVE YEARS of the Circularity Gap Report”, available at: <https://www.circularity-gap.world/2022> (Accessed 20 Jan 2023).

2. World Economic Forum (2022), “Here's how we can double the size of the circular economy in ten years”, available at: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/double-circular-economy-in-ten-years/> (Accessed 20 Jan 2023).
3. Ellen MacArthur Foundation (2017), “Achieving “Growth Within”. A 320-Billion Circular Economy Investment Opportunity available to Europe up to 2025”, available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Achieving-Growth-Within-20-01-17.pdf> (Accessed 20 Jan 2023).
4. Ivashchenko, O. (2019), “The concept of sustainability in the focus of sustainable development goals”, *Materialy VI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Stratehiia rozvytku Ukrainy: finansovo-ekonomichnyy ta humanitarnyy aspekty* [Proceedings of the Sixth International Scientific and Practical Conference. Development strategy of Ukraine: financial, economic and humanitarian aspects], Informatsijno-analitychne ahentstvo, Kyiv, Ukraine, pp. 289–291.
5. Ivashchenko, O. (2021), “On the relationship between the concepts of “green growth”, “sustainable development”, and “green economy”: from conflict to consensus”, *Materialy VIII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Biznes-analityka v upravlinni zovnishn'oeekonomichnoyu diyal'nistyu* [Proceedings of the Eighth International Scientific and Practical Conference. Business analytics in the management of foreign economic activity], DP «Informatsiyno-analitychne ahentstvo», Kyiv, Ukraine, pp. 132–136.
6. Zvarych, I. (2019), “The paradigm of the global inclusive circular economy” Abstract of Doktor of Science dissertation, World economy and international economic relations, Ternopil National University of Economics, Ternopil, Ukraine.
7. Zvarych, I. (2017), “Circular economy and globalized waste management”, *Journal of European Economy*, vol. 16, no. 1 (60), pp. 41-57.
8. Zvarych, I. (2018), “Evolution of conceptual systems: circular economy & inclusive economy”, *Scientific view: economics and management*, no. 3, pp. 15-22.

9. Krysovaty, A., Zvarych, R., Zvarych, I., Reznikova, N. and Homotiuk, V. (2021), "Circular economy as an anti-crisis method for global economy recovery under COVID-19: employment and tax shift effect", *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, vol. 8 (2), pp. 463-472.
10. Melnyk, T., Reznikova, N. and Ivashchenko, O. (2020), "Problems of statistical study of "green economics" and green growth potentials in the sustainable development context", *Baltic Journal of Economic Studies*, vol. 6 (3), pp. 87–98.
11. Reznikova, N., Zvarych, I., Zvarych, R. and Ivashchenko, O. (2022), "The impact of the Russian-Ukrainian war on the green transition and the energy crisis: Ukrainian scenario of circular economy development.", *Statistics in Transition New Series and Statistics of Ukraine. Joint Special Issue: A New Role For Statistics*, vol. 23 (5), pp. 11–18.
12. Reznikova, N., Ivashchenko, O. and Rubtsova, M. (2020), "Global problems as a subject of interdisciplinary studies in the focus of international economic security and sustainable development", *Ekonomika ta derzhava*, vol. 7, pp. 24–31.
13. Reznikova, N., Panchenko, V. and Ivashchenko, O. (2021), "Impact of the rare earths market on the economic and energy security of states: prospects for the institutional regulation of resource confrontation and the innovative and technological potential of a competitive green economy", *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 7, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9068> (Accessed 20 Jan 2023).
14. PwC Study (2017), "The road to circularity. Why a circular economy is becoming the new normal", available at: <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-the-road-to-circularity-en.pdf> (Accessed 20 Jan 2023).
15. Jonker, J., Faber, N. and Haaker, T. (2022), "Quick Scan Circular Business Models", available at: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/quick-scan-circular-business-models_ebook.pdf (Accessed 20 Jan 2023).

16. Support to Circular Economy Financing Expert Group (2022), available at: <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&do=groupDetail.groupDetail&groupID=3517> (Accessed 20 Jan 2023).
17. European Investment Bank (2020), “The EIB in the circular economy”, available at: https://www.eib.org/attachments/thematic/circular_economy_en.pdf (Accessed 20 Jan 2023).
18. Blum, N. U., Haupt, M. and Bening, C. R. (2020), “Why “Circular” doesn’t always mean “Sustainable”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 162, available at: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/426900/3/1-s2.0-S0921344920303591-main.pdf> (Accessed 20 Jan 2023).
19. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. and Hultink, E. J. (2017), “The circular economy: A new sustainability paradigm?”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 143, pp. 757–768.
20. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2019), “CEO Guide to the Circular Bioeconomy”, available at: <https://www.wbcsd.org/Archive/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Bioeconomy> (Accessed 20 Jan 2023).
21. Global Resources Outlook (2019), “Natural Resources for the Future We Want”, available at: https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/unep_252_global_resource_outlook_2019_web.pdf (Accessed 20 Jan 2023).
22. European Commission (2018), “Impacts of Circular Economy Policies on the Labour Market. Final Report and Annexes”, available at: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/ec_2018_-_impacts_of_circular_economy_policies_on_the_labour_market.pdf (Accessed 20 Jan 2023).
23. Accenture (2014), “Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth”, available

at: https://www.accenture.com/t20150523t053139__w__/us-en/_acnmedia/accenture/conversionassets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accenture-circular-advantage-innovative-business-models-technologiesvalue-growth.pdf (Accessed 20 Jan 2023).

24. Millar, N., Mclaughlin, E. and Börger, T. (2019), “The circular economy: Swings and roundabouts?”, *Ecological Economics*, vol. 158, pp. 11–19.

25. Inigo, E. A. and Blok V. (2019), “Strengthening the socio-ethical foundations of the circular economy: Lessons from responsible research and innovation”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 233, pp. 280–291.

26. OECD (2022), “Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy”, available at: <https://www.oecd.org/publications/digitalisation-for-the-transition-to-a-resource-efficient-and-circular-economy-6f6d18e7-en.htm> (Accessed 20 Jan 2023).

27. Panchenko, V., Reznikova, N. and Bulatova, O. (2020), “Regulatory competition in the digital economy: new forms of protectionism”, *International economic policy*, vol.1-2 (32-33), pp. 50-80.

28. Govindan, K. and Hasanagic, M. (2018), “A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective”, *International Journal of Production Research*, vol. 56 (1-2), pp. 278-311.

29. Hughes, N. and Ekins, P. (2018), “The Role of Policy in Unlocking the Potential of Resource Efficiency Investments”, available at: https://www.researchgate.net/publication/327151271_The_Role_of_Policy_in_Unlocking_the_Potential_of_Resource_Efficiency_Investments_The_Economics_and_Politics_of_Financing_the_Resource_Transition (Accessed 20 Jan 2023).

Стаття надійшла до редакції 17.01.2023 р.