

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-95>

УДК 332.1

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗАМКНУТИХ ЦИКЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

USING THE PRINCIPLES OF CIRCULAR ECONOMY AND CLOSED LOOPS IN PRODUCTION TO MINIMIZE WASTE AND REDUCE THE BURDEN ON THE ENVIRONMENT

Єфанов Володимир Анатолійович

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри,

Сумський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-1470>

Yefanov Volodymyr

Sumy National Agrarian University

Наукова стаття присвячена критичному аналізу лінійних виробничо-споживчих моделей та обґрунтуванню необхідності переходу до альтернативних підходів, заснованих на принципах циркулярної економіки та замкнених циклів. Мета дослідження полягає у виявленні недоліків лінійних моделей через призму ресурсної та відходної складових, огляді концептуальних засад циркулярної економіки, її фундаментальних принципів та перспектив імплементації в українських реаліях. Актуальність теми зумовлена нагальною потребою мінімізації відходів і навантаження на довкілля, ресурсозбереження, підвищення еколого-економічної ефективності національної економіки. Результати дослідження виявляють, що лінійні моделі детермінують виснаження ресурсів, забруднення та загострення екологічної кризи, тоді як принципи циркулярності (реутилізація, ремануфактуринг, рециклінг, екодизайн тощо) формують економічну систему, наближену до природних циклів. Практична цінність статті полягає в обґрунтуванні необхідності трансформації лінійних економічних моделей в Україні та акцентуванні уваги на можливостях і перевагах циркуляризації виробничих процесів для забезпечення сталого розвитку.

Ключові слова: циркулярна економіка, лінійні моделі, ресурсозбереження, реутилізація, рециклінг, екодизайн, відходи, сталий розвиток, еколого-економічна ефективність.

The article is devoted to a critical analysis of linear production and consumption models and the justification of the need to move to alternative approaches based on the principles of the circular economy and closed cycles. The purpose of the study is to identify the shortcomings of linear models through the prism of resource and waste components, to review the conceptual foundations of the circular economy, its fundamental principles and prospects for implementation in Ukrainian realities. The relevance of the topic is due to the urgent need to minimize waste and environmental impact, resource conservation, and increase the environmental and economic efficiency of the national economy. The methods of critical analysis and systematic approach, SWOT analysis, and prospective analysis of potential effects are used in the study. The results of the study show that linear models determine the depletion of resources, pollution, and the aggravation of the environmental crisis, while the principles of circularity (reuse, remanufacturing, recycling, ecodesign, etc.) form an economic system close to natural cycles. Ukraine has significant potential for implementing circular practices in resource-intensive industries. The transition to a circular economy will reduce the negative impact on the environment, achieve resource conservation, stimulate the development of green technologies and new jobs, and gain competitive advantages in foreign markets. In addition to direct economic benefits, the transition to circular production models will have important positive externalities for the environment and society as a whole. This includes the protection and restoration of ecosystems, conservation of biodiversity, minimization of pollution, and improvement of the quality of life. The practical value of the article lies in the substantiation of the need to transform linear economic models in Ukraine and the emphasis on the opportunities and benefits of circularization of production processes to ensure sustainable development.

Keywords: circular economy, linear models, resource conservation, reuse, recycling, ecodesign, waste, sustainable development, environmental and economic efficiency.

Постановка проблеми. Лінійна модель «видобуток-виробництво-споживання-утилізація», домінуюча в сучасній економічній парадигмі, призводить до низки критичних викликів для сталого розвитку. Екстенсивна експлуатація природних ресурсів, необґрунтований ресурсоспоживчий підхід та безсистемне накопичення відходів є детермінантами виснаження ресурсної бази, деградації екосистем та загострення екологічної кризи. Зростаючий антропогенний тиск на навколишнє середовище актуалізує нагальну потребу в трансформації лінійних економічних моделей у циклічні, засновані на принципах ресурсозбереження, реінтеграції відходів у виробничі ланцюги та замкнутості матеріальних потоків. Концепція циркулярної економіки, центральною ідеєю якої є максимальне збереження та використання ресурсів, набуває все більшої ваги в науковому дискурсі та практичних імплементаціях. Імплементація циркулярних бізнес-моделей, заснованих на екодизайні продуктів, ремануфактурингу, рециклінгу та реутилізації відходів, є одним із ключових векторів підвищення ресурсної продуктивності та мінімізації екодеструктивного впливу виробничих процесів. Перехід до циркулярних ланцюгів постачання та замкнутих циклів життєвого циклу продуктів є імперативом для забезпечення екологічної стійкості та збереження ресурсного потенціалу для майбутніх поколінь.

Дослідження теоретико-методологічних засад та практичних механізмів реалізації принципів циркулярної економіки в українських реаліях є надзвичайно актуальним та перспективним завданням, що сприятиме зменшенню навантаження на довкілля, ресурсозбереженню, підвищенню еколого-економічної ефективності виробничих систем та забезпеченню сталого розвитку національної економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основні аспекти використання принципів циркулярної економіки та замкнутих циклів у виробництві для мінімізації відходів та зменшення навантаження на навколишнє середовище розглянуті в багатьох працях закордонних та вітчизняних науковців. Наукові дослідження в зазначеній сфері здійснюють такі науковці, як: Machacek E., Richter J. L., Lane R. [1], Mostaghela R., Chirumalla K. [2], Laurenti R., Singh J., Frostell B., Sinha R., Binder C. R. [3], Aleksić A., Jovanović-Vujatović M., Veselinović N. [4], Гахович Н. Г., Кушніренко О. М., Зарудна О. С.

[7], Гурочкіна В. В., Будзинська М. С. [8] та інші. В зазначених працях вивчено різні аспекти циркулярної економіки та її впливу на різні сфери виробництва та суспільства, а також розглядається як стратегічний пріоритет розвитку глобальних ланцюгів доданої вартості.

Постановка завдання. Метою дослідження є критичний аналіз існуючих лінійних моделей виробництва та споживання, висвітлити їхні недоліки та негативний вплив на навколишнє середовище через призму ресурсної та відходної складових, а також здійснити огляд концептуальних засад циркулярної економіки, її фундаментальних принципів та керівних положень: економія ресурсів, реутилізація, ремануфактуринг, рециклінг, екодизайн, біоміметика, індустріальний симбіоз тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концепція циркулярної економіки набуває все більшої актуальності в контексті сталого розвитку та збереження навколишнього середовища. Лінійна модель «видобуток-виробництво-споживання-утилізація» призводить до виснаження ресурсів, забруднення та накопичення відходів. Циркулярна ж економіка базується на принципах замкнутого циклу, де відходи одного виробництва стають ресурсами для іншого, таким чином мінімізуючи втрати та негативний вплив на довкілля. Для України, як країни з ресурсозалежною економікою, впровадження принципів циклічності та безвідходного виробництва є надзвичайно актуальним і важливим завданням. Формування замкнутих циклів матеріальних потоків, реінтеграція відходів у виробничі системи та максимізація ресурсної цінності продуктів на всіх етапах їх життєвого циклу є основою для переходу до моделі сталої та екоефективної економіки в Україні [8, с. 52–53].

З точки зору ресурсної складової, лінійна модель базується на принципі необмеженого споживання невідновлюваних природних ресурсів, що суперечить концепції сталого розвитку. Екстенсивна експлуатація корисних копалин, надмірне винищення лісових ресурсів та виснаження земельних ресурсів є наслідком лінійного ресурсоспоживчого підходу. Водночас ігнорується потенціал вторинного ресурсокористування, що призводить до значних ресурсних втрат [5].

В аспекті відходної складової лінійні моделі виробництва характеризуються безсистемним накопиченням відходів на всіх етапах життєвого циклу продукту. Логіка «одноразового використання» детермінує генерування

величезної кількості твердих побутових та промислових відходів, які розміщуються на сміттєзвалищах та полігонах, спричиняючи забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря. Проблема відходів лінійних моделей загострюється через їх низький рециклінговий потенціал, оскільки більшість продуктів не проектується з урахуванням можливості їх подальшої переробки або повторного використання [6, с. 47–49].

Наслідком ресурсномістких та відходо-генеруючих лінійних виробничо-споживчих моделей є надмірна експлуатація природних ресурсів та деградація навколишнього середовища. Невпинне зростання обсягів видобутку та споживання сировини зумовлює виснаження ресурсної бази планети та загострення екологічної кризи. Моделі лінійної економіки також характеризуються низькою енергоефективністю, що детермінує зростання викидів парникових газів та посилення проблеми глобального потепління.

В цілому ж, недоліки лінійних моделей виробництва та споживання роблять їх екологічно та економічно неефективними в контексті сталого розвитку суспільства. Їх трансформація у напрямку циклічних замкнутих моделей з акцентом на ресурсозбереженні,

повторному використанні та рециркуляції матеріалів є нагальною необхідністю [3, с. 24].

Концептуальні засади циркулярної економіки базуються на принципово інших підходах до виробництва та споживання порівняно з традиційними лінійними моделями. Її фундаментальним принципом є максимально ефективно використання ресурсів та мінімізація відходів через створення замкнутих циклів матеріальних потоків [1].

Ключовою перевагою циркулярної економіки є економія ресурсів шляхом оптимізації виробничих процесів, застосування ресурсоефективних технологій та промислової симбіози. Це дозволяє мінімізувати споживання невідновлюваних ресурсів та зменшити ресурсну інтенсивність виробництва.

Інші аспекти циркулярної економіки відображено в табл. 1.

Окрім того, циркулярна економіка передбачає переосмислення бізнес-моделей у напрямку надання послуг замість продажу товарів, розвиток економіки спільного споживання та усунення перешкод для реутилізації і ремануфактурингу [5].

Імплементация вищезазначених принципів циркулярності формує економічну систему, наближену до природних циклів, де відходи

Таблиця 1

Основні аспекти циркулярної економіки

| Складова | Опис | Ефект |
|------------------------|---|--|
| Реутилізація | повторне використання продуктів та компонентів для того ж або іншого призначення після завершення їх першого циклу використання | подовжує життєвий цикл матеріалів та уповільнює потік відходів |
| Ремануфактуринг | відновлення використаних продуктів до стану, еквівалентного новим, шляхом заміни або відновлення зношених компонентів | забезпечує економію ресурсів порівняно з виробництвом нових продуктів |
| Рециклінг | переробка відходів з метою повторного залучення матеріалів у виробничий цикл замість їх захоронення | дозволяє зберегти цінні ресурси та енергію, витрачену на їх первинне виробництво |
| Екодизайн | розробка продуктів з урахуванням їх ремонтпридатності, модульності, можливості розбирання, реутилізації та рециклінгу компонентів | сприяє ресурсоефективності та полегшує перехід до циркулярних бізнес-моделей |
| Біоміметика | імітація природних процесів та систем у виробничих циклах з метою підвищення їх ефективності та мінімізації відходів | Природа є взірцем замкнутих безвідходних циклів |
| Індустріальний симбіоз | взаємовигідний обмін ресурсами та відходами між різними виробництвами | дозволяє використовувати відходи однієї галузі як сировину для інших |

Джерело: побудовано автором на основі [1; 4; 8]

є мінімальними, а ресурси максимально зберігаються та реінтегруються у виробничі цикли.

Оцінюючи поточний стан впровадження принципів циркулярної економіки в Україні засвідчує, що цей процес перебуває на початковій стадії. Проте наявний потенціал для його активізації є достатньо високим у низці галузей вітчизняної промисловості [8, с. 56].

Слід визнати, що в Україні практично відсутні комплексні підходи до циркуляризації виробничих процесів та замикання ланцюгів постачання. Рівень утилізації відходів залишається вкрай низьким – за різними оцінками, щороку на полігонах та сміттєзвалищах опиняється до 95% утворених відходів. Водночас чинне законодавство не створює належних стимулів для впровадження ресурсозберігаючих технологій та розвитку галузі переробки відходів [8, с. 53].

Проте потенціал для імплементації принципів циркулярності в різних секторах економіки є значним. Одним з найбільш перспективних у цьому контексті видається металургійний комплекс, який генерує величезні обсяги відходів у вигляді шлаків, пилу, шламів тощо. Застосування сучасних методів перероблення цих відходів дозволило б суттєво знизити навантаження на довкілля та отримувати додаткову продукцію з високою доданою вартістю. Значний потенціал циркуляризації має також хімічна промисловість, зокрема сектор виробництва пластмас та полімерів. Впровадження технологій хімічного рециклінгу уможливило б повторне залучення переробленої пластикової сировини у виробничі цикли. Галузь будівництва також може значно виграти від практичного втілення циркулярних бізнес-моделей, зокрема концепції «циркулярних будівель», що передбачає

Таблиця 2

SWOT-аналіз впровадження циркуляризації виробничих процесів в Україні

| Сильні сторони (Strengths) | Слабкі сторони (Weaknesses) |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Високий потенціал ресурсозбереження та циркулярних бізнес-моделей у ресурсоємних галузях (металургія, хімічна промисловість, АПК). – Наявність значних обсягів промислових та сільськогосподарських відходів, що можуть бути використані як вторинна сировина. – Можливість залучення іноземних інвестицій та трансферу передових циркулярних технологій в разі системних реформ. – Потенціал для розвитку галузі переробки та рециклінгу, створення нових «зелених» робочих місць. – Зростаюча екологічна свідомість суспільства та інтерес до принципів сталого розвитку. | <ul style="list-style-type: none"> – Недосконала нормативно-правова база, відсутність чітких стимулів для впровадження циркулярних практик. – Брак інвестиційних ресурсів та державного фінансування «зелених» ініціатив. – Застаріла інфраструктура поводження з відходами, домінування полігонного захоронення. – Низький рівень корпоративної соціальної відповідальності бізнесу та «зеленого» мислення. – Нестача кваліфікованих кадрів та освітніх програм з циркулярної економіки. |
| Можливості (Opportunities) | Загрози (Threats) |
| <ul style="list-style-type: none"> – Гармонізація законодавства з європейськими стандартами та директивами у сфері циркулярної економіки. – Розвиток державно-приватного партнерства для реалізації циркулярних проектів. – Використання можливостей промислового та агросимбіозу для створення регіональних замкнених циклів. – Експорт циркулярних продуктів та послуг на західні ринки в разі достатньої якості та конкурентоспроможності. – Міжнародна технічна допомога, гранти та пільгові кредити на циркулярні ініціативи. – Посилення енергетичної та ресурсної незалежності країни. | <ul style="list-style-type: none"> – Зволікання з реформуванням сфери поводження з відходами та відсутність політичної волі. – Можливий спротив лінійних бізнес-моделей через нерозуміння переваг циркулярного підходу. – Брак кваліфікованої робочої сили та «відплив мізків» у разі недостатньої підтримки циркулярних ініціатив. – Економічна та політична нестабільність, ризик девальвації інвестицій у циркулярні проекти. – Неготовність суспільства до кардинальної зміни звичок споживання та світосприйняття. – Лобювання статус-кво з боку деяких промислових та фінансових груп. |

Джерело: побудовано автором на основі [6; 7; 8]

проектування конструкцій з урахуванням їх подальшої розбірності та повторного використання будматеріалів. Суттєвий еколого-економічний ефект може бути досягнутий у результаті впровадження циркулярних принципів в агропромисловий комплекс України, який акумулює значні обсяги відходів рослинного та тваринного походження, здатних слугувати цінною вторинною сировиною [5; 6].

За умови системних державних заходів з дерегуляції, стимулювання екоінновацій та гармонізації вітчизняного законодавства до європейських стандартів, впровадження принципів циркулярної економіки здатне суттєво оптимізувати ресурсопотоки, мінімізувати негативний вплив на довкілля та посилити конкурентоспроможність української промисловості.

SWOT-аналіз засвідчує, що попри низку проблем та загроз, в Україні є достатньо сприятливий базис для розвитку та поступової імплементації моделі циркулярної економіки за умови уважного ставлення до наявних сильних сторін та можливостей.

Перспективний аналіз потенційних вигод від переходу України на моделі циклічного виробництва у різних часових горизонтах дозволяє виокремити низку важливих еколого-економічних ефектів:

- економія коштів на утилізацію відходів шляхом їх залучення у виробничі цикли як вторинної сировини;
- створення нових робочих місць у секторах рециклінгу, ремонту, реманіпродукції;
- зменшення обсягів викидів парникових газів від переробки відходів порівняно з їх захороненням;
- підвищення екологічного іміджу вітчизняних компаній на зовнішніх ринках;
- економія коштів на імпорту первинної сировини внаслідок використання вторинних ресурсів та ін. [7; 8].

Окрім прямих економічних вигод, перехід на циркулярні моделі виробництва матиме важливі позитивні екстерналії для навколишнього середовища та суспільства в цілому. Це вклю-

чає захист та відновлення екосистем, збереження біорізноманіття, мінімізацію забруднення, покращення якості життя населення.

Загалом реалізація циркулярного потенціалу економіки дозволить Україні досягти значного прогресу на шляху сталого розвитку, посилити економічну та ресурсну безпеку, здобути конкурентні переваги на зовнішніх ринках та забезпечити гармонійне співіснування суспільства та природи.

Висновки. Проведене наукове дослідження аналізує лінійні моделі виробництва та споживання, виявляючи їхні недоліки з точки зору ресурсної та відходної складових, що детермінують виснаження ресурсної бази, деградацію екосистем та загострення екологічної кризи. Як альтернативу розглядається концепція циркулярної економіки, що базується на принципах замкнутого циклу матеріальних потоків, ресурсозбереження, реінтеграції відходів у виробничі системи та максимізації ресурсної цінності продуктів упродовж їхнього життєвого циклу. Ключовими аспектами циркулярної економіки є реутилізація, ремануфактуринг, рециклінг, екодизайн, біоміметика, індустриальний симбіоз тощо. Імплементація цих принципів уможливує формування економічної системи, наближеної до природних циклів, де відходи є мінімальними, а ресурси максимально зберігаються та реінтегруються. На сьогодні в Україні поки відсутні комплексні підходи до циркуляризації, проте наявний значний потенціал у ресурсоємних галузях промисловості й АПК.

Реалізація циркулярного потенціалу економіки дозволить Україні здобути переваги сталого розвитку, посилити економічну та ресурсну безпеку, забезпечити конкурентоспроможність на міжнародних ринках та гармонійне співіснування суспільства і природи.

Подальші наукові дослідження мають бути зосереджені на проведенні перспективного аналізу потенційних еколого-економічних вигод від переходу на моделі циклічного виробництва в Україні в коротко-, середньо- та довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Machacek E., Richter J. L., Lane R. Governance and risk-value constructions inclosing loops of rare earth elements in global value chains. *Resources*. 2017. Vol. 6(4). P. 59. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources6040059>.
2. Mostaghela R., Chirumalla K. Role of customers in circular business models. *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 127. P. 35–44.
3. Laurenti R., Singh J., Frostell B., Sinha R., Binder C. R. The socio-economic embeddedness of the circular economy: an integrative framework. *Sustainability*. 2018. Vol. 10(7). P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10072129>.

4. Aleksić A., Jovanović-Vujatović M., Veselinović N. Sustainability and product life cycle in circular economy. *Economics of Sustainable Development*. 2023. Vol. 7(1). P. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.5937/esd2301029a>.
5. Jiang J., Qu L. Evolution and emerging trends of sustainability in manufacturing based on literature visualization analysis. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3006582>.
6. Wiesmeth H. Systemic change: the complexity of business in a circular economy. *Foresight and STI Governance*. 2020. Vol. 14(4). P. 47–60. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.47.60>.
7. Гахович Н. Г., Кушніренко О. М., Зарудна О. С. Циркулярна економіка як стратегічний пріоритет розвитку глобальних ланцюгів доданої вартості. *Економічний вісник Хмельницького університету*. 2020. Вип. 46. С. 103–115.
8. Гурочкіна В. В., Будзинська М. С. Циркулярна економіка: Українські реалії та можливості для промислових підприємств. *Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування. Ірпінь*. 2020. Вип. 5. С. 52–56.

REFERENCES:

1. Šalgovičová J., and Ušák P. (2021) The impact of the global crisis on external communication in the circular economy. *SHS Web of Conferences*, vol. 92. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219205024>.
2. Mostaghela R., Chirumalla K. (2021) Role of customers in circular business models. *Journal of Business Research*, vol. 127, pp. 35–44.
3. Laurenti R., Singh J., Frostell B., Sinha R. and Binder, C. R. (2018), The socio-economic embeddedness of the circular economy: an integrative framework. *Sustainability*, vol. 10(7). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10072129>.
4. Aleksić A., Jovanović-Vujatović M. and Veselinović N. (2023) Sustainability and product life cycle in circular economy. *Economics of Sustainable Development*, vol. 7(1), pp. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.5937/esd2301029a>.
5. Jiang J. and Qu L. (2020) Evolution and emerging trends of sustainability in manufacturing based on literature visualization analysis. *IEEE Access*, vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3006582>.
6. Wiesmeth H. (2020) Systemic change: the complexity of business in a circular economy. *Foresight and STI Governance*, vol. 14(4), pp. 47–60. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.47.60>.
7. Hakhovych N. H., Kushnirenko O. M., Zarudna O. S. (2020) Tsyrukuliarna ekonomika yak stratehichnyi priorytet rozvytku hlobalnykh lantsiuhiv dodanoi vartosti [Circular economy as a strategic priority for the development of global value chains]. *Economic Bulletin of Khmelnytsky University*, vol. 46, pp. 103–115.
8. Hurochkina V. V., Budzynska M. S. (2020) Tsyrukuliarna ekonomika: Ukrainski realii ta mozhlyvosti dlia promyslovykh pidpriemstv [Circular economy: Ukrainian realities and opportunities for industrial enterprises]. *Ekonomichnyi visnyk. Serii: finansy, oblik, opodatkuvannia, Irpin*, vol. 5, pp. 52–56.