

Кубай О.Г.

кандидат економічних наук, доцент,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5099-489X>

Метіль Т.К.

кандидат економічних наук, доцент,
Ізмаїльський державний гуманітарний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4553-4343>

Шиян Г.В.

директор,
Державна установа «Експертно-навчальний центр Держрибагентства»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2157-7246>

Kubai Oksana

Vinnitsia National Agrarian University

Metil Tetiana

Izmail State Humanities University

Shyian Hanna

State Institution “Expert Training Center”

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ У ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮЖКАХ ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

Сучасна економіка потребує переходу від лінійної моделі до циркулярних бізнес-моделей у глобальних ланцюгах доданої вартості (ГЛДВ) з використанням відновлюваної сировини. Мета статті – розробка методичного підходу до оцінки економічної ефективності таких моделей. Запропоновано типологію трьох моделей. Розроблено підхід, що поєднує LCA та TCO. Виведено формулу TCO для циркулярної моделі з витратами на зворотну логістику, сертифікацію, доходами від вторинних матеріалів та уникненими витратами. Запропоновано інтегральний показник порівняння моделей. LCA біогазу показав зниження CO₂ на 79% та невідновлюваної енергії на 69% при появі витрат на зворотну логістику. Підхід дозволяє кількісно оцінити ефективність. В Україні без державної підтримки такі проекти можуть бути неефективними через нерозвинену інфраструктуру зворотної логістики.

Ключові слова: економіка замкнутого циклу, бізнес-моделі, глобальні ланцюги доданої вартості, біо-економіка, відновлювана сировина, оцінка життєвого циклу, сукупна вартість володіння.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується кількома системними викликами: виснаження невідновлюваних ресурсів, зростання обсягів відходів, посилення вимог до декарбонізації виробництва, а також нестабільність глобальних ланцюгів доданої вартості (ГЛДВ), спричинена геополітичними та постпандемічними факторами. У відповідь на ці виклики формується нова парадигма господарювання – економіка замкнутого циклу (ЕЗЦ), яка пропонує альтернативу традиційній лінійній моделі «видобуток – виробництво – споживання – утилізація».

Одним із перспективних напрямів реалізації принципів ЕЗЦ є використання відновлюваної сировини –

біомаси, органічних відходів, побічних продуктів сільського та лісового господарства.

Попри зростання кількості публікацій з питань циркулярної економіки [4; 9; 10; 11] та окремих аспектів інтеграції у ГЛДВ [6; 8], поза межами системного аналізу залишається ключова проблема: відсутність комплексної методології оцінки економічної ефективності бізнес-моделей ЕЗЦ, які функціонують у глобальних ланцюгах доданої вартості з використанням відновлюваної сировини. Ця проблема має кілька вимірів.

Традиційні показники ефективності (чистий приведений дохід, внутрішня норма рентабельності, термін окупності), розроблені для лінійних моделей, не враховують специфічних ефектів замкнутого циклу: еконо-

мії від повторного використання матеріалів, зниження витрат на утилізацію, а також додаткових витрат на зворотну логістику, сортування та регенерацію.

Глобальний характер ланцюгів доданої вартості додає проблеми трансакційних витрат, пов'язаних із міжнародною сертифікацією відновлюваної сировини, узгодженням стандартів між країнами-учасницями, митним оформленням вторинних матеріалів (які часто класифікуються як відходи).

Використання відновлюваної сировини (на відміну від вторинної переробки традиційних матеріалів) має власну специфіку: сезонність, неоднорідність якості, обмежений термін зберігання, конкуренцію з харчовими та кормовими ланцюгами. Жодне з проаналізованих джерел [3; 5; 12] не пропонує методик, яка б дозволила врахувати ці фактори при оцінці економічної ефективності бізнес-моделей.

Таким чином, проблема, що потребує вирішення, полягає у розриві між зростаючим практичним запитом на впровадження циркулярних бізнес-моделей у ГЛДВ (зокрема в агропромисловому та біоенергетичному секторах України) та відсутністю науково обґрунтованого, методичного забезпечення для оцінки їх реальної економічної ефективності. Без такого інструментарію неможливо приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо доцільності переходу від лінійних до циркулярних моделей, обирати оптимальну конфігурацію ланцюга доданої вартості (локальну, регіональну чи глобальну) та обґрунтовувати державну підтримку для підприємств, що працюють на відновлюваній сировині. Вирішення цієї проблеми є необхідною передумовою для інтеграції України в європейські та глобальні «зелені» ланцюги створення вартості, про що наголошується в роботах [5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний стан розвитку економічної науки характеризується посиленням уваги до моделей господарювання, що поєднують принципи сталого розвитку, ресурсоефективність та інтеграцію у глобальні виробничі мережі. Огляд літератури свідчить про міждисциплінарний характер проблеми, яка перебуває на перетині теорій міжнародної економіки, інноваційного менеджменту, циркулярної та біоекономіки.

Патлатой О. [1] досліджено роль ГЛДВ у процесах економічного зближення та розбіжності. Автор доводить, що участь національних економік у ГЛДВ не гарантує автоматичного зростання рівня розвитку через ризик закріплення країн на сегментах із низькою доданою вартістю. Гірна О. [2] акцентує увагу на клієнтоорієнтованому підході у ланцюгах поставок, наголошуючи, що найістотнішою ланкою доданої вартості є клієнт. Сохань І. та ін. [3] показують, що цифрові платформи стають ключовим інструментом інтеграції різних секторів економіки, знижуючи транзакційні витрати та забезпечуючи координацію. Зелінська Г. та Мариневич Л. [4] доводять, що для України, яка має високу ресурсну залежність, перехід до моделі ЕЗЦ є не лише екологічним, а й стратегічним економічним

завданням. Тарасюк О. [5] аналізує еволюцію концепції сталого розвитку та констатує, що в Україні лише 25 % цілей сталого розвитку мають значний прогрес.

Гбур З. і Ковтун О. [6] розкривають важливість інноваційних кластерів, індустріальних парків та державної підтримки для інтеграції українських підприємств у ГЛДВ. В свою чергу, Талавіря М. та ін. [7] характеризують сутність біоекономіки замкнутого циклу та визначають п'ять напрямів діяльності ФАО щодо її розвитку. Попова А. та ін. [8] наголошують на прямому зв'язку між рівнем ВВП та обсягами виробництва продукції з високою доданою вартістю. Сировинна модель розвитку, на думку авторів, є глухим кутом. Підгірна В. та ін. [9] аналізують п'ять основних циркулярних моделей: круговий ланцюг постачання, переробка ресурсів, товар як послуга, збільшення життєвого циклу продукції та дизайн майбутнього. Автори Гришко В. та Васильченко М. [10] акцентують на важливості інтеграції МСП до глобальних екологічних мереж. Shymanovska-Dyanich L. та Rangra N. [11] надають збалансований погляд, визнаючи поряд із перевагами ЕЗЦ також виклики: високі початкові інвестиції, складність логістики зворотних потоків, необхідність зміни поведінки споживачів. А автор Коблянська І. [12] пропонує узагальнену концепцію сталої цифрової бізнес-моделі, що поєднує класичні елементи (створення, доставка, захоплення цінності) з фазами життєвого циклу та принципами ЕЗЦ через цифрові інструменти.

Проведений аналіз літератури свідчить, що наявні дослідження:

- 1) детально описують переваги та бар'єри циркулярних бізнес-моделей;
- 2) визначають роль ГЛДВ у розвитку національних економік;
- 3) пропонують концептуальні рамки сталої цифрової бізнес-моделі.

Проте поза увагою дослідників залишається методологія комплексної оцінки економічної ефективності бізнес-моделей ЕЗЦ, які функціонують саме у глобальних ланцюгах доданої вартості з використанням відновлюваної сировини.

Таким чином, невирішеною частиною загальної проблеми є відсутність прикладного інструментарію оцінки економічної ефективності циркулярних бізнес-моделей у глобальних ланцюгах доданої вартості, орієнтованих на відновлювану сировину, що й обумовлює мету та завдання даної статті.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розробка та обґрунтування методичного підходу до оцінки економічної ефективності бізнес-моделей економіки замкнутого циклу, що інтегровані у глобальні ланцюги доданої вартості з використанням відновлюваної сировини, з урахуванням їх специфічних витрат, вигод та ризиків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Узагальнити та систематизувати існуючі підходи до класифікації бізнес-моделей економіки замкнутого

циклу, що функціонують у глобальних ланцюгах доданої вартості, з акцентом на моделі, які використовують відновлювану сировину (біомасу, органічні відходи, побічні продукти).

2. Відокремити ключові фактори, що впливають на економічну ефективність таких моделей: транзакційні витрати у ГЛДВ, логістичні особливості зворотних потоків біосировини, інституційні умови (сертифікація, митне регулювання), технологічну готовність підприємств.

3. Запропонувати систему показників оцінки економічної ефективності, яка доповнює традиційні фінансові критерії специфічними індикаторами замкнутого циклу: коефіцієнт замикання матеріальних потоків, частка відновлюваної сировини у структурі витрат, ефект від уникнення витрат на утилізацію, зниження ресурсної залежності.

4. Розробити алгоритм порівняльної оцінки економічної ефективності циркулярної та альтернативної лінійної бізнес-моделі для типових конфігурацій ГЛДВ (локальний, регіональний, глобальний рівень замикання).

5. Апробувати запропонований підхід на умовному прикладі бізнес-моделі, що передбачає переробку відновлюваної сировини у продукцію з високою доданою вартістю (наприклад, виробництво біогазу, біопластику або біодобрив) з інтеграцією у глобальний ланцюг постачання.

Очікується, що результати дослідження дозволять сформулювати практичні рекомендації для підприємств України щодо вибору оптимальної конфігурації циркулярної бізнес-моделі, а також надати пропозиції для органів державної влади щодо стимулювання тих типів інтеграції у ГЛДВ, які забезпечують найбільший економічний ефект при використанні відновлюваної сировини.

Виклад основного матеріалу. Реалізація мети дослідження, яка полягає у розробці методичного підходу до оцінки економічної ефективності бізнес-моделей економіки замкнутого циклу в межах глобальних

ланцюгів доданої вартості, що використовують відновлювану сировину, передбачає послідовне виконання визначених завдань. Методологічну основу статті складають: стратегічний аналіз (для ідентифікації факторів зовнішнього та внутрішнього середовища); метод оцінки життєвого циклу (LCA – Life Cycle Assessment) для аналізу матеріальних потоків; метод сукупної вартості власності (TCO – Total Cost of Ownership) для порівняння витрат лінійної та циркулярної моделей, а також традиційні методи економічного аналізу (NPV, IRR, дисконтування).

Ключовою відмінністю представлених бізнес-моделей, як показано на рис. 1, є рівень замикання матеріальних потоків: від повного локального (перша модель) до часткового глобального (третя модель), де частина вторинних потоків втрачається через міждержавні бар'єри.

На основі узагальнення досліджень [2; 6; 9; 12] відокремлено три типи бізнес-моделей, що відрізняються конфігурацією ГЛДВ та джерелом відновлюваної сировини (рис. 1).

Застосування SWOT-аналізу (як інструменту стратегічного аналізу) до кожної з моделей дозволило виокремити ключові фактори, що впливають на ефективність. Табл. 1 узагальнює ці фактори для глобальної інтегрованої моделі, яка є найбільш складною для оцінки.

Табл. 1 демонструє, що жоден із факторів не є однозначно позитивним чи негативним. Наприклад, ефект масштабу в ГЛДВ (позитив) нівелюється високими транзакційними витратами на сертифікацію біосировини, що особливо актуально для українських експортерів.

Запропонована авторами методика поєднує два підходи: LCA – для кількісного вимірювання матеріальних та енергетичних потоків упродовж життєвого циклу продукції (від «колиски до колиски» замість «колиски до могили»), та TCO – для грошової оцінки всіх витрат, пов'язаних із володінням та експлуатацією бізнес-моделі.



Рис. 1. Типологія бізнес-моделей ЕЗЦ у ГЛДВ на основі відновлюваної сировини

Джерело: розроблено авторами на основі [2; 6; 9; 12]

**Фактори впливу на економічну ефективність глобальної бізнес-моделі ЕЗЦ
на основі відновлюваної сировини**

Категорія факторів	Позитивний вплив (+)	Негативний вплив (-)	Джерело
Трансакційні витрати у ГЛДВ	Ефект масштабу, зниження середніх витрат	Витрати на сертифікацію біосировини (ISCC, RSB), митне оформлення вторинних потоків	[1; 6]
Логістика зворотних потоків	Можливість регенерації дорогих матеріалів	Висока вартість транспортування низькощільної біо-маси, ризик контамінації	[2; 11]
Інституційні умови	Державні стимули (зелені тарифи, податкові пільги)	Неузгодженість стандартів між країнами, класифікація вторинної сировини як відходів	[4; 7]
Технологічна готовність	Доступ до передових біо-технологій (ферментація, піроліз)	Високі капітальні витрати на обладнання, залежність від імпорту технологій	[8; 12]
Ресурсна специфіка	Відновлюваність, потенційно нижча вартість сировини	Сезонність, неоднорідність якості, конкуренція з харчовими ланцюгами	[7]

Джерело: узагальнено авторами на основі [1; 2; 4; 6; 7; 8; 11; 12]

Розрахунок сукупної вартості власності (ТСО) для циркулярної бізнес-моделі здійснюється за формулою:

$$TCO_{circ} = C_{inv} + \sum_{t=1}^n \left(\frac{C_{op,t} + C_{log,t}^{forward} + C_{log,t}^{reverse} + C_{cert,t} - R_{rec,t} - S_{avoid,t}}{(1+r)^t} \right) \quad (1)$$

де TCO_{circ} – розрахунок сукупної вартості власності (ТСО) для циркулярної бізнес-моделі;

C_{inv} – початкові капітальні інвестиції (обладнання для переробки біосировини, системи збору);

$C_{op,t}$ – операційні витрати в році t (енергія, праця, ремонт);

$C_{log,t}^{forward}$ – витрати на пряму логістику (доставка біосировини на вир-во);

$C_{log,t}^{reverse}$ – витрати на зворотну логістику (збір, сортування, транспортування вторинних матеріалів);

$C_{cert,t}$ – витрати на сертифікацію відновлюваної сировини та відстеження ланцюга;

$R_{rec,t}$ – дохід від реалізації вторматеріалів (компост, біогаз, рециклати);

$S_{avoid,t}$ – уникнені витрати (зменшення плати за утилізацію відходів, зниження потреби у первинній сировині);

r – ставка дисконтування;

n – горизонт оцінки (рекомендовано 10–15 років для біоекономічних проєктів).

На відміну від традиційного ТСО для лінійних моделей, у запропонованій формулі окремо виділено витрати на зворотну логістику $C_{log,t}^{reverse}$ та сертифікацію $C_{cert,t}$, що є критичними для ГЛДВ з відновлюваною сировиною. Водночас введено дві специфічні статті доходу/економії: $R_{rec,t}$ та $S_{avoid,t}$, які відображають ефект замикання циклу. Це дозволяє порівнювати TCO_{circ} з ТСО аналогічної лінійної моделі TCO_{lin} , де зворотна логістика відсутня, але є витрати на утилізацію відходів та придбання первинної сировини.

Для кількісного визначення параметрів $C_{log,t}^{reverse}$ та $R_{rec,t}$ необхідно знати масу та склад зворотних потоків. Метод LCA дозволяє побудувати матеріальний баланс. Табл. 2 ілюструє порівняльний LCA для типової бізнес-моделі виробництва біогазу з відходів рослинництва (кукурудзяний силос) замість використання природного газу.

Дані табл. 2 демонструють компроміс циркулярних моделей: значно більший вхідний матеріальний потік (на 133%) та потреба у зворотній логістиці (12,5 ткм проти 0) замінюються суттєвим

Таблиця 2

Порівняльна оцінка життєвого циклу (LCA) для лінійної та циркулярної моделей (на 1 МДж енергії)*

Показник (од. виміру)	Лінійна модель (природний газ)	Циркулярна модель (біогаз із силосу)	Різниця (%)
Вхідний матеріальний потік (кг)	0,18 кг природного газу	0,42 кг силосу (відновлюваний)	+133%
Споживання невідновлюваної енергії (МДж)	1,05	0,32	-69%
Викиди CO ₂ -екв (г)	198	42	-79%
Вихідний потік відходів (кг)	0,02 (незначні)	0,35 (дигестат – добриво)	+1650%
Потреба у зворотній логістиці (ткм)	0	12,5	–

Примітка: * – розрахунки виконано на основі узагальнених типових галузевих нормативів та довідкових даних, зокрема: а) типові коефіцієнти виходу біогазу з силосу кукурудзи (150–200 м³/т) та енергетична еквівалентність (≈20–25 МДж/м³) згідно з агроенергетичними довідниками ФАО та Держенергоєфективності України; б) емісійні фактори CO₂ для природного газу (≈56 г/МДж) та біогазу (≈10–15 г/МДж з урахуванням витоків метану) – згідно з методиками IPCC (Міжурядова група експертів зі зміни клімату) та Національним кадастром парникових газів України; в) споживання невідновлюваної енергії на вирощування силосу (≈0,3–0,35 МДж/МДж біогазу) – на основі технологічних карт вирощування кукурудзи (ННЦ «Інститут аграрної економіки» України); стандартів ISO 14040 та ISO 14044.

Джерело: розраховано авторами на основі [4; 5; 7]

зниженням викидів (-79%) та споживання невідновлюваної енергії (-69%). Ключовим для економічної оцінки є те, що вихідний потік відходів (дигестат) стає вхідним ресурсом для сільського господарства (добриво), формуючи дохід $R_{rec,t}$. Без урахування цього ефекту замикання ТСО циркулярної моделі буде систематично завищеним. На основі отриманих з LCA даних про матеріальні потоки та застосування формули (1) можна розрахувати економічний ефект від замикання циклу:

$$K_{close} = \frac{TCO_{lin} - TCO_{circ}}{TCO_{lin}} * 100\% \quad (2)$$

де K_{close} – коефіцієнт економічної ефективності замикання; TCO_{lin} – сукупна вартість володіння для лінійної моделі (природний газ + утилізація); TCO_{circ} – для циркулярної моделі (біогаз + зворотна логістика + сертифікація – дохід від дигестату).

Якщо $K_{close} > 0$, циркулярна модель є більш економічно ефективною; якщо $K_{close} < 0$ – лінійна модель залишається дешевшою. Розрахунки за типовими українськими цінами 2024–2025 років (природний газ – 8,5 грн/м³, електроенергія – 4,2 грн/кВт·год, транспортування – 15 грн/ткм, добрива – 6000 грн/т) дають значення K_{close} у діапазоні від -15% (невеликі обсяги, відсутність державної підтримки) до +22% (великі обсяги, наявність «зеленого» тарифу).

Це означає, що за сприятливих умов циркулярна модель може бути на 22% ефективнішою.

Коефіцієнт K_{close} є інтегральним показником, який дозволяє менеджеру швидко оцінити доцільність переходу. При цьому критичним фактором, як показано в табл. 1, виступають $C_{cert,t}$ та $C_{log,t}^{reverse}$. Для України, де інфраструктура зворотної логістики біомаси є нерозвиненою [4; 7], навіть за позитивного технологічного потенціалу K_{close} може бути від’ємним без державного стимулювання.

Апробація алгоритму (рис. 2) на умовному прикладі агропідприємства потужністю 5000 тонн органічних відходів на рік показала: базовий сценарій (без підтримки) дає $K_{close} = -8\%$; сценарій із частковим грантом на обладнання (30% від C_{inv}) та зеленим тарифом $K_{close} = +18\%$.

Запропонований методичний підхід дозволяє кількісно оцінити економічну ефективність, чого бракувало в попередніх дослідженнях [4; 9; 10; 11], які зосереджувалися переважно на якісних описах переваг та бар’єрів ЕЗЦ.

Висновки. Запропонований у статті методичний підхід дозволяє вирішити актуальну науково-прикладну проблему оцінки економічної ефективності бізнес-моделей економіки замкнутого циклу, які інтегровані у глобальні ланцюги доданої вартості та використовують відновлювану сировину. На підставі проведеного дослідження сформульовано такі висновки.

Аналіз літературних джерел засвідчив, що перехід до циркулярних бізнес-моделей на основі від-

новлюваної сировини розглядається як перспективний напрям зменшення ресурсної залежності та підвищення стійкості підприємств. Водночас наявні дослідження зосереджені переважно на якісному описі переваг і бар’єрів ЕЗЦ, залишаючи поза увагою кількісну оцінку економічної ефективності з урахуванням специфіки ГЛДВ. Запропонована типологія трьох моделей (локальна, регіональна з експортним потенціалом, глобальна інтегрована) дозволяє врахувати різний рівень замикання матеріальних потоків та територіальної розосередженості ланцюга.

Розроблено комплексний підхід, що поєднує метод оцінки життєвого циклу (LCA) для побудови матеріального балансу та метод сукупної вартості власності (ТСО) для грошової оцінки витрат і вигод. Запропоновано розрахунок TCO_{circ} з окремим виділенням витрат на зворотну логістику ($C_{log,t}^{reverse}$) та сертифікацію ($C_{cert,t}$), а також статей доходу від реалізації вторинних матеріалів $R_{rec,t}$ та уникнених витрат $S_{avoid,t}$. Введено інтегральний показник (K_{close}), який дозволяє кількісно порівняти циркулярну та лінійну моделі. Розроблено шестикроковий алгоритм оцінки, що забезпечує системність аналізу.

Порівняльний LCA для моделі виробництва біогазу з відходів рослинництва демонструє ключовий компроміс циркулярних моделей: суттєве зниження викидів CO₂ (-79%) та споживання невідновлюваної енергії (-69%) досягається ціною збільшення вхідного матеріального потоку (+133%) та появи потреби у зворотній логістиці. Це підтверджує, що економічна ефективність не є автоматичним наслідком екологічної доцільності.

Апробація алгоритму на умовному прикладі агропідприємства показала, що значення K_{close} варіюється від -15% до +22% залежно від обсягів, наявності державної підтримки (гранти, «зелений» тариф) та розвитку інфраструктури зворотної логістики. Це означає, що за сприятливих умов циркулярна модель може бути на 22% ефективнішою за лінійну, тоді як за несприятливих – поступається їй на 15%.

Розроблений підхід має певні обмеження:

- розрахунки в табл. 2 базуються на узагальнених галузевих нормативах, а не на первинних емпіричних даних конкретного підприємства;
- метод ТСО чутливий до обраної ставки дисконтування та горизонту оцінки, що може суттєво впливати на кінцевий результат;
- запропонована методика не враховує поведінкові фактори споживачів та можливі ризики, пов’язані з волатильністю цін на енергоносії. Це слід брати до уваги при інтерпретації результатів.

Дослідження не стверджує, що циркулярні моделі завжди є більш ефективними. Натомість воно пропонує інструмент для кількісної оцінки, який дозволяє визначити умови (обсяги, логістичні витрати, рівень державної підтримки, технологічну готовність), за яких K_{close} стає позитивним.

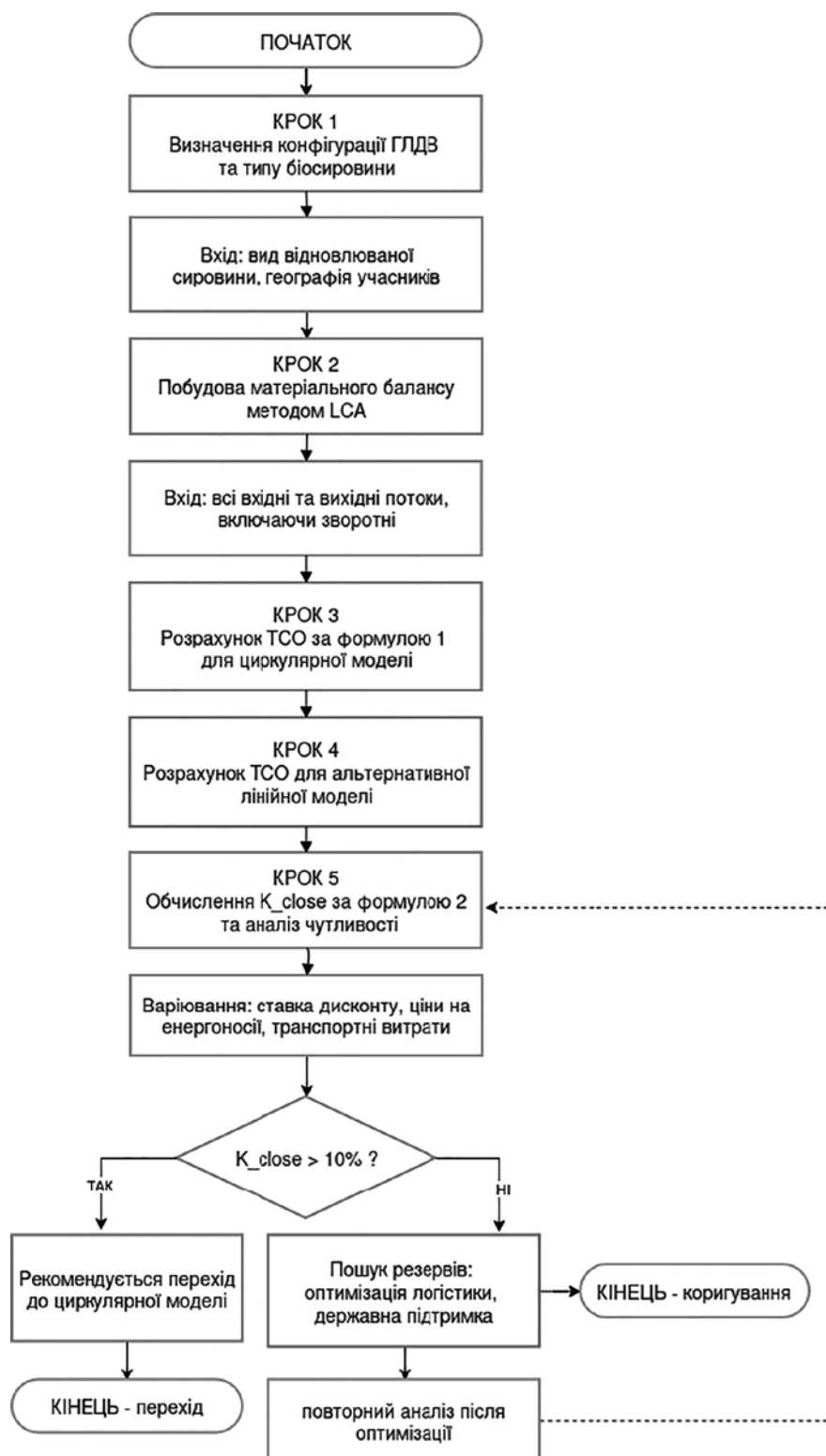


Рис. 2. Алгоритм оцінки економічної ефективності циркулярної бізнес-моделі у ГЛДВ

Джерело: розроблено авторами на основі [1–12]

Перспективи подальших досліджень включають емпіричну верифікацію на реальних підприємствах, аналіз чутливості до макроекономічних шоків, інтеграцію цифрових платформ та адаптацію до різних типів біосировини.

Таким чином, розроблений методичний підхід створює основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо переходу до циркулярних бізнес-моделей у ГЛДВ, а окреслені перспективи визначають траєкторію подальших досліджень у цій галузі.

Список літератури:

1. Патлатой О. Глобальні ланцюги доданої вартості як детермінанта економічної конвергенції. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. № 4 (19). С. 150–155. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.19-23>
2. Гірна О. Локальні та глобальні аспекти формування доданої вартості у ланцюгу поставок. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2022. № 1 (01). С. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.1-4>
3. Сохань І., Бевз М., Поповський В. Цифрові платформи як драйвер розвитку кроссекторного партнерства в бізнесі. *Публічне управління і політика*. 2025. № 9 (13). DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-2498/2025.9.09>
4. Зелінська Г., Мариневич Л. Циркулярна економіка як інструмент зменшення ресурсної залежності підприємств України. *Молодий вчений*. 2026. № 1 (138). С. 178–181. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2026-1-138-11>
5. Тарасюк О. В. Теоретичні засади формування концепції сталого розвитку та її практична реалізація на сучасному етапі розвитку суспільства. *Економіка, управління та адміністрування*. 2025. № 1 (111). С. 51–63. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2025-1\(111\)-51-63](https://doi.org/10.26642/ema-2025-1(111)-51-63)
6. Гбур З., Ковтун О. Напрями інтеграції підприємств у глобальні ланцюги доданої вартості. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. № 7–8. DOI: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.7-8.16>
7. Талавиря М., Газуда Л., Газуда М. Перспективи розвитку біоекономіки замкнутого циклу в Україні. *Геополітика України: історія і сучасність*. 2021. Вип. 2 (27). С. 128–138. DOI: [https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2\(27\).128-138](https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2(27).128-138)
8. Попова А. О., Петренко М. В., Петренко О. В. Від деіндустріалізації до високотехнологічного відродження: визначення стратегічних орієнтирів промислового розвитку України. *Трансформаційна економіка*. 2025. № 3(12). С. 148–155. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2025-12-24>
9. Підгірна В., Зибарева О., Чубрей О. Проектна діяльність з впровадження циркулярних бізнес-моделей для конкурентоспроможності на засадах сталого розвитку. *Економіка та суспільство*. 2024. № 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-75>
10. Гришко В., Васильченко М. Управління розвитком підприємств малого і середнього бізнесу в умовах циркулярної економіки: проблеми та можливості. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-164>
11. Shumanovska-Dyanich L., Rangra N. Circular economy: definition, positive and negative sides. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2024. № 75. С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-75-06>
12. Коблянська І. Концепція сталої цифрової бізнес-моделі у виробничій сфері. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2025. Вип. 3 (103). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.2025.3.1>

References:

1. Patlatoi O. (2025). Hlobalni lantsiuihy dodanoi vartosti yak determinanta ekonomichnoi konverhentsii [Global Value Chains as a Determinant of Economic Convergence]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, no. (4 (19)), pp. 150–155. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.19-23>
2. Hirna O. (2022). Lokalni ta hlobalni aspekty formuvannia dodanoi vartosti u lantsiuhu postavok [Local and Global Aspects of Value Added Formation in the Supply Chain]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, no. (1 (01)), pp. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.1-4>
3. Sokhan I., Bevs M. and Popovskiy V. (2025). Tsyfrovii platformy yak draiver rozvytku krosssektornoho partnerstva v biznesi [Digital Platforms as a Driver of Cross-Sectoral Partnership in Business]. *Publichne upravlinnia i polityka*, no. (9 (13)). DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-2498/2025.9.09>
4. Zelinska H. and Marynevych L. (2026). Tsyrkuliarna ekonomika yak instrument zmenshennia resursnoi zalezhnosti pidpriemstv Ukrainy [Circular Economy as a Tool for Reducing Resource Dependence of Ukrainian Enterprises]. *Molodyi vchenyi*, no. 1 (138), pp. 178–181. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2026-1-138-11>
5. Tarasiuk O. V. (2025). Teoretychni zasady formuvannia kontseptsii staloho rozvytku ta yii praktychna realizatsiia na suchasnomu etapi rozvytku suspilstva [Theoretical Foundations of the Sustainable Development Concept Formation and Its Practical Implementation at the Current Stage of Society Development]. *Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, no. (1 (111)), pp. 51–63. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2025-1\(111\)-51-63](https://doi.org/10.26642/ema-2025-1(111)-51-63)
6. Hbur Z. and Kovtun O. (2025). Napriamy intehtratsii pidpriemstv u hlobalni lantsiuihy dodanoi vartosti [Directions of Integration of Enterprises into Global Value Chains]. *Sotsialnyi rozvytok: ekonomiko-pravovi problemy*, no. (7–8). DOI: <https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.7-8.16>
7. Talavyria M., Hazuda L. and Hazuda M. (2021). Perspektyvy rozvytku bioekonomiky zamknutoho tsykladu v Ukraini [Prospects for the Development of the Circular Bioeconomy in Ukraine]. *Geopolityka Ukrainy: istoriia i suchasnist*, Issue 2 (27), pp. 128–138. DOI: [https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2\(27\).128-138](https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2(27).128-138)
8. Popova A. O., Petrenko M. V. and Petrenko O. V. (2025). Vid deindustrializatsii do vysokotekhnolohichnoho vidrodzhennia: vyznachennia stratehichnykh oriientyriv promysloвого rozvytku Ukrainy [From Deindustrialisation to High-Tech Revival: Defining Strategic Orientations of Industrial Development in Ukraine]. *Transformatsiina ekonomika*, no. (3 (12)), pp. 148–155. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2025-12-24>
9. Pidhirna V., Zybareva O. and Chubrei O. (2024). Proiektna diialnist z vprovadzhennia tsyrikuliarnykh biznes-modelei dlia konkurentospromozhnosti na zasadakh staloho rozvytku [Project Activity on the Implementation of Circular Business Models for Competitiveness on the Principles of Sustainable Development]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. (67). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-75>

10. Hryshko V. and Vasylychenko M. (2024). Upravlinnia rozvytkom pidpriumstv maloho i serednoho biznesu v umovakh tsyrkuliarnoi ekonomiky: problemy ta mozhlyvosti [Management of Small and Medium-Sized Enterprises Development in the Circular Economy: Problems and Opportunities]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. (68). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-164>
11. Shymanovska-Dyanich, L. and Rangra, N. (2024). Circular economy: definition, positive and negative sides [Tsyrukuliarna ekonomika: vyznachennia, pozytyvni ta negatyvni storony]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Ekonomichni nauky*, No 75, pp. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-75-06>
12. Koblianska I. (2025). Kontsepsiia staloi tsyfrovoi biznes-modeli u vyrobnychii sferi [Concept of a Sustainable Digital Business Model in the Manufacturing Sector]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, Issue 3 (103), pp. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.32782/bsnau.2025.3.1>

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF CIRCULAR ECONOMY BUSINESS MODELS IN GLOBAL VALUE CHAINS BASED ON RENEWABLE RAW MATERIALS

The modern economy faces the necessity of transitioning from the linear “extract-produce-dispose” model to circular business models, particularly within the context of global value chains (GVCs). The use of renewable raw materials (biomass, organic waste) is a promising direction but requires a quantitative assessment of economic efficiency. The aim of this study is to develop a methodological approach for assessing the economic efficiency of circular economy (CE) business models in GVCs based on renewable raw materials. A typology of three models (local, regional with export potential, and globally integrated) is proposed. A comprehensive approach has been developed that combines the life cycle assessment (LCA) method for material flow analysis and the total cost of ownership (TCO) method for monetary valuation. A TCO formula for the circular model is derived, separately identifying reverse logistics costs, bio-raw material certification costs, revenue from the sale of secondary materials, and avoided costs. A calculation of an integral indicator for comparing circular and linear models is proposed. A six-step assessment algorithm is developed. A comparative LCA for a biogas production model showed a 79% reduction in CO₂ emissions and a 69% reduction in non-renewable energy consumption, alongside the emergence of reverse logistics costs. This confirms the thesis that participation in GVCs does not guarantee automatic gains, and that institutional and logistical factors are decisive. The obtained results are consistent with the conclusions of previous studies regarding the need for government stimulation and the development of innovation clusters. The developed methodological approach allows for the quantitative assessment of the economic efficiency of circular business models in GVCs. For Ukraine, without state support, most such projects may be inefficient due to the underdeveloped reverse logistics infrastructure. Prospects for further research include empirical verification at real enterprises, sensitivity analysis to macroeconomic shocks, integration of digital platforms, and adaptation to different types of bio-raw materials.

Key words: circular economy, business models, global value chains, bioeconomy, renewable raw materials, life cycle assessment, total cost of ownership.

Дата надходження статті: 05.03.2026

Дата прийняття статті: 26.03.2026

Дата публікації статті: 29.05.2026