

Секція Економіка	
УДК 338.439:502.174:330.341.1	
Дата першого надходження статті до видання	2026-03-15
Дата прийняття статті до друку після рецензування	2026-04-15
Дата публікації/оприлюднення	2026-04-30

Циркулярна економіка в агропродовольчих системах: механізми переробки, повторного використання ресурсів і скорочення харчових відходів

Перегуда Юлія Андріївна

доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри глобальної економіки,
Національний університет біоресурсів і природокористування України;
заступник завідувача кафедри організації туристичної діяльності, професор кафедри
організації туристичної діяльності,

Навчально-науковий інститут управління, економіки та бізнесу, Міжрегіональна
Академія управління персоналом, м. Київ, Україна

e-mail: julilla.pereguda@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1434-2509>

Бобик Сергій Михайлович

здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 «Економіка»,

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

e-mail: serhii.bobyk@pdau.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0004-2387-0751>

Анотація. У статті досліджено циркулярні механізми в агропродовольчих системах із позиції збереження ресурсної цінності біомаси та побічних потоків. Мета роботи – сформувані аналітичну рамку, придатну для первинної діагностики втрат, повторного використання, повернення поживних речовин і використання залишкової біомаси для виробництва енергії. Методологічну основу склали критичний огляд наукової літератури, систематизація механізмів циркулярної біоекономіки та вторинний аналіз статистичних й інституційних матеріалів ЄС. Для емпіричної ілюстрації використано дані Eurostat, European Environment Agency, Bio-based Industries Consortium, Gas Infrastructure Europe та European Biogas Association. У 2024 р. вторинні матеріали забезпечували 12,2% загального використання матеріалів у ЄС, а показник для біомаси становив близько 10%. У сфері харчових відходів роздільним збиранням було охоплено 15,1 млн т із розрахункового потенціалу 60,0 млн т у ЄС27+, тому невилучений ресурс оцінено у 44,9 млн т. Кількість біометанових установок у Європі зросла з 483 у 2018 р. до 1678 у червні 2025 р. Ці дані показують, що доступність біологічної сировини ще не забезпечує її повернення до господарського обігу: потрібні окреме збирання, контроль якості, логістика та стабільний попит на кінцевий продукт. Для ринку кормовиробництва особливе значення має залучення безпечних побічних продуктів харчового й аграрного перероблення. Такі потоки можуть замінювати частину первинної кормової сировини після підтвердження поживної цінності, однорідності партій і простежуваності. Запропонована індикаторна матриця пов'язує кожний спосіб використання потоку з вимірюваним результатом і документами, які його підтверджують. Внесок роботи має методичний характер. Матриця може слугувати основою для подальшої операціоналізації на українських даних, однак наведені європейські показники не характеризують фактичний стан циркулярності в Україні.

Ключові слова: циркулярна економіка, агропродовольчі системи, біомаса, біовідходи, каскадне використання, індикаторна матриця, ринок кормовиробництва, кормові ресурси, біометан.

Circular economy in agri-food systems: processing, resource reuse and food waste reduction mechanisms**Pereguda Yuliya Andriivna**

Doctor of Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Global Economics,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine;

Deputy Head and Professor at the Department of Tourism Organization, Educational and

Scientific Institute of Management, Economics and Business,

Interregional Academy of Personnel Management, Kyiv, Ukraine

e-mail: julilla.pereguda@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-1434-2509>**Bobyk Serhii Mykhailovych**

PhD student in Economics, Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

e-mail: serhii.bobyk@pdau.edu.ua<https://orcid.org/0009-0004-2387-0751>

Abstract. The article examines circular mechanisms in agri-food systems from the perspective of preserving the resource value of biomass and by-product streams. Its purpose is to develop an analytical framework suitable for the initial diagnosis of losses, reuse, nutrient return, and the energy use of residual biomass. The methodology combines a critical review of academic literature, a systematisation of circular bioeconomy mechanisms, and a secondary analysis of statistical and institutional materials from the European Union. Data from Eurostat, the European Environment Agency, the Bio-based Industries Consortium, Gas Infrastructure Europe, and the European Biogas Association are used for empirical illustration. In 2024, secondary materials accounted for 12.2% of total material use in the EU, while the rate for biomass was about 10%. Separate collection captured 15.1 million tonnes of food waste out of an estimated potential of 60.0 million tonnes in the EU27+; the uncollected resource therefore amounted to approximately 44.9 million tonnes. The number of biomethane plants in Europe increased from 483 in 2018 to 1,678 in June 2025. These figures indicate that the availability of biological raw materials does not by itself ensure their return to economic circulation. Separate collection, quality control, logistics, and stable demand for the resulting products remain decisive. For the livestock feed market, the use of safe by-products from agricultural and food processing is particularly relevant. Such streams may replace part of primary feed materials after their nutritional value, batch consistency, and traceability have been verified. The proposed indicator matrix links each route of resource use to a measurable outcome and to the evidence required to confirm it. The contribution is methodological: the matrix provides a basis for further operationalisation using Ukrainian data, whereas the European indicators reported in the article do not measure the current level of circularity in Ukraine.

Keywords: circular economy, agri-food systems, biomass, bio-waste, cascading use, indicator matrix, livestock feed market, feed resources, biomethane.

Вступ

Актуальність проблеми. Агропродовольчі системи утворюють великі потоки біомаси, побічних продуктів, органічних залишків і харчових втрат. Частина ресурсів вибуває з обігу під час виробництва, зберігання, перероблення, реалізації та споживання. Втраченою виявляється й вартість землі, води, енергії, праці та логістики, уже вкладена у продукт. У кормовиробництві цей резерв пов'язаний із побічними продуктами аграрного та харчового перероблення, які за належної якості можуть поповнювати сировинну базу. Для цього потрібні технологічна придатність, контроль безпечності, стабільні партії та економічно прийнятне транспортування. Дослідження

циркулярності має простежувати подальшу долю потоку і підтверджувати отриманий ресурсний результат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Систематичні огляди циркулярних агропродовольчих ланцюгів пов'язують ресурсний ефект із координацією виробників, переробників, логістичних операторів, торгівлі та споживачів [1; 2]. У працях із циркулярної біоекономіки органічні потоки розглядаються як сировина для нових продуктів і як засіб скорочення втрат у харчовій системі [3]. Економічна доцільність таких рішень залежить від капітальних витрат, вартості вилучення ресурсу, попиту на вторинний продукт і розподілу вигід між учасниками ланцюга [4]. Дослідження методів оцінювання показують значну різноманітність показників: частина з них описує матеріальні потоки, інші – управлінські дії, екологічні наслідки або територіальні ефекти [5; 6]. Матеріальний баланс на рівні підприємства дає змогу локалізувати втрати та напрями повторного залучення сировини [7]. Українські автори акцентують на відтворенні ґрунтів, ресурсній стійкості аграрного сектору й розвитку сільських територій [8; 9].

Виділення невирішеної частини проблеми. Наявні підходи не дають компактного набору критеріїв, за яким можна одночасно простежити скорочення втрат, подальше використання побічного потоку та підтверджений кінцевий результат. Ця прогалина особливо помітна в кормовиробництві: органічний залишок набуває економічної цінності лише після переведення у стандартизовану і безпечну кормову сировину. Потрібна рамка, яка пов'язує напрям використання біомаси з показником, джерелом даних і доказом фактичного залучення до виробничого циклу.

Мета статті. Метою статті є обґрунтування аналітичної рамки циркулярної економіки в агропродовольчих системах та розроблення індикаторної матриці для первинної оцінки руху біомаси, побічних продуктів, органічних залишків і біовідходів.

Наукова новизна. Запропоновано спосіб поєднання каскадного вибору напрямку використання біомаси з перевіркою вимірюваного результату та документального підтвердження кожного потоку.

Практичне значення. Матриця може бути використана як схема підготовки даних для підприємств, операторів біовідходів і органів публічного управління. Для України її застосування потребує галузевої статистики та мікроданих; у межах цієї статті фактичний стан українських продуктових і кормових ланцюгів не оцінювався.

Методологія

Методи дослідження. Дослідження розпочато з виділення основних потоків біомаси та місць втрати їх господарської функції. Далі механізми згруповано за послідовністю можливих рішень: запобігання втратам, повторне залучення, повернення органічної речовини до агровиробництва й енергетичне використання залишків. Порівняння європейських показників застосовано для ілюстрації масштабу проблеми. На завершальному етапі сформовано матрицю, що зіставляє напрям використання потоку, показник результату і спосіб його перевірки.

Джерела даних. Джерельну базу становлять 15 академічних, статистичних та інституційних джерел. Теоретичні положення сформовано за працями про циркулярні агропродовольчі ланцюги, біоекономіку, матеріальні потоки та агроекологічні механізми [1–9]. Емпіричні орієнтири взято з матеріалів OECD і Об'єднаного дослідницького центру ЄС, статистики Eurostat, оцінок European Environment Agency та Bio-based Industries Consortium, а також European Biomethane Map 2025, підготовленої Gas Infrastructure Europe і European Biogas Association [10–15].

Інструменти аналізу. Опубліковані дані опрацьовано шляхом розрахунку часток, абсолютних розривів і кратності зміни. Діаграми побудовано в Microsoft Excel, структурну схему та індикаторну матрицю – у Microsoft Word. Значення на рисунках

характеризують загальноєвропейські умови й використовуються як контекст для методичної розробки.

Обмеження дослідження. Емпірична частина спирається на агреговані дані ЄС. Вона не містить матеріальних балансів підприємств, цінових параметрів, даних про собівартість вилучення побічних потоків або зіставної української статистики. Матриця призначена для попередньої діагностики; повна оцінка окремого ланцюга потребуватиме мікроданих, аналізу життєвого циклу та економічної перевірки обраного способу використання ресурсу.

Результати

За основу оцінки взято збереження ресурсної цінності потоку. Матеріальний результат виникає, коли біомаса або побічний продукт знову входить у виробництво. Біологічний результат фіксує повернення органічної речовини й поживних елементів до агровиробництва. Енергетичний результат стосується залишків, для яких вищі напрями використання недоступні або небезпечні. Такий поділ дає змогу прив'язати кожне рішення до конкретного показника.

За даними Eurostat, у 2024 р. вторинні матеріали становили 12,2% загального використання матеріалів у ЄС. За окремими групами показник дорівнював 23% для металевих руд, 14% для неметалевих мінералів, 10% для біомаси та 4% для викопних енергетичних матеріалів [12]. Біомаса поверталася до матеріального обігу рідше, ніж металеві руди та неметалеві мінерали (рис. 1).



Рис. 1. Циркулярність використання матеріалів у ЄС за групами у 2024 р., %

Джерело: складено авторами на основі [12].

Каскадна схема, сформована за джерелами [1–8; 10–14], починається із запобігання втратам. Далі йдуть повторне використання придатних побічних потоків та їх залучення до харчових, кормових, матеріальних або біохімічних процесів. Компостування, використання дигестату й виробництво енергії застосовуються до потоків, які втратили придатність для попередніх рівнів. Рішення залежить від якості та безпечності сировини, відстані перевезення, очікуваної вартості продукту і можливості повернення поживних речовин у біологічний цикл (рис. 2).



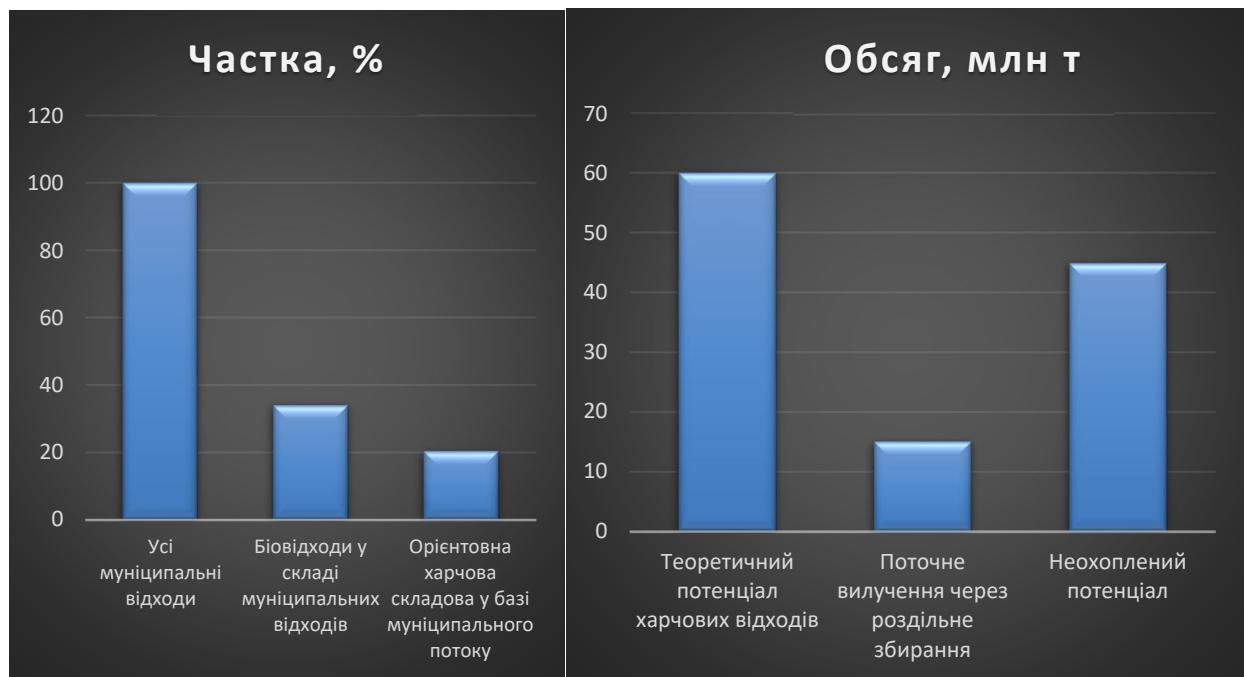
Рис. 2. Каскадна логіка збереження ресурсної цінності в агропродовольчій системі
Джерело: складено авторами на основі [1–8; 10–14].

Для ринку кормовиробництва каскадна схема визначає окремий маршрут. Висівки, шроти, жом, барда та інші побічні продукти перероблення можуть надходити до кормового ланцюга, якщо виробник підтвердив їх безпечність, поживну цінність, однорідність партії та простежуваність походження [1; 3; 4; 7; 8]. Такий ресурс розширює сировинну базу й створює канал збуту для переробного підприємства. Практичний ефект зникає за нестабільного складу, надмірної вартості сушіння або перевезення, а також за відсутності покупця. Тому облік має фіксувати обсяг потоку, що фактично використаний у виробництві кормів, і документи, які підтверджують його якість.

Біовідходи становлять понад 34% твердих муніципальних відходів у Європі, а харчові відходи – близько 60% біовідходів домогосподарств і подібних джерел [13]. Розрахункова частка харчової складової у базовому муніципальному потоці дорівнює 20,4%. У ЄС27+ роздільним збиранням охоплено близько 15,1 млн т харчових відходів на рік із потенційних 60,0 млн т. Розрив становить приблизно 44,9 млн т [14] (рис. 3).

Кількість біометанових установок у Європі зросла з 483 у 2018 р. до 1678 у червні 2025 р., або у 3,47 раза [15] (рис. 4). Розширення мережі створює інфраструктуру для енергетичного використання гною, вологих органічних залишків і біовідходів. Для повного ресурсного циклу потрібен також контроль якості та фактичного використання дигестату.

Підсумком аналізу стала індикаторна матриця. Для кожного напрямку вона задає показник, очікуваний ресурсний результат і спосіб перевірки. Така побудова переводить загальну ідею циркулярності у перелік даних, які можна збирати на рівні підприємства, ланцюга або території (табл. 1).



Примітка: 20,4% – розрахункова величина: $34,0 \times 60,0 / 100$.

Рис. 3. Ресурсний розрив біовідходів у Європі: структура муніципального потоку та вилучення харчових відходів
Джерело: складено авторами на основі [13; 14].



Рис. 4. Динаміка кількості біометанових установок у Європі
Джерело: складено авторами на основі [15].

Таблиця 1

Індикаторна матриця оцінювання циркулярності агропродовольчої системи

Вимір	Ключовий показник	Ресурсний результат	Спосіб вимірювання
Запобігання втратам	Скорочення втрат сировини й готової продукції за стадіями ланцюга	Збережена вартість землі, води, енергії, праці, добрив і логістики	Порівняння втрат із базовим рівнем за стадіями виробництва, зберігання, перероблення й реалізації
Повторне використання	Частка безпечних побічних продуктів і біомаси, фактично залучених у харчові, кормові, матеріальні або біохімічні напрями	Заміщення частини первинної сировини та збереження доданої вартості потоку	Облік походження й обсягів потоків, договорів збуту та технологічних карт; для кормів – підтвердження безпечності й поживної цінності
Біологічне повернення	Частка компосту або дигестату, що відповідає вимогам якості й фактично використана в агровиробництві	Повернені органічна речовина й поживні елементи	Облік обсягів внесення, підтвердження якості та наявності аграрного споживача
Енергетичне відновлення	Обсяг біогазу або біометану з потоків, непридатних для вищих способів використання	Відновлена енергія із залишкових органічних потоків	Дані установок анаеробного зброджування, обсяг виробленої енергії та тип використаної сировини
Інституційна спроможність	Частка окремо зібраних біовідходів у їх розрахунковому потенціалі	Вилучений органічний потік, придатний для подальшого відновлення	Співвідношення фактично зібраних біовідходів із розрахунковим потенціалом; дані муніципальної та галузевої звітності

Джерело: складено авторами на основі [10–15].

Обговорення

Інтерпретація результатів. Біомаса циркулює гірше за частину мінеральних потоків через свої фізичні властивості. Висока вологість, швидке псування, сезонність і просторове розосередження підвищують витрати на збирання та підготовку сировини. Ризик забруднення звужує можливі напрями її використання. Сам показник перероблення за таких умов малоінформативний: потрібні відомості про кінцевий продукт, його якість і фактичного споживача. Розрив у 44,9 млн т харчових відходів показує масштаб ресурсу, що залишається поза роздільним збиранням. Подальше залучення цього потоку залежить від інфраструктури та від ринку компосту, дигестату, кормових компонентів чи енергії.

Порівняння з іншими дослідженнями. Результати підтримують висновок систематичних оглядів про вирішальну роль координації всього агропродовольчого ланцюга [1; 2]. Вони також узгоджуються з концепцією циркулярної біоекономіки, де

побічний потік оцінюється за здатністю стати сировиною для нового продукту [3]. Запропонована матриця конкретизує багатовимірні інструменти, описані Ф. Фассіо та К. Кіріллі [5], через вимогу вказати спосіб підтвердження результату. Економічні критерії М. Ханни та співавторів [4] враховано у блоках ринкової придатності й логістики. Матеріальний баланс підприємства [7] дає глибшу кількісну картину, тоді як розроблена тут схема призначена для початкового відбору показників перед таким аналізом.

Наукова новизна (розгорнуто). Внесок роботи має методичний характер. Каскадну ієрархію доповнено процедурою верифікації: для кожного потоку визначаються напрям використання, вимірюваний результат і джерело доказів, що дозволяє окремо бачити потенційний ресурс та обсяг, що справді набув господарського застосування. Для кормового сегмента таким доказом є не декларація про можливість використання побічного продукту, а підтверджена партія сировини, що відповідає вимогам безпечності й надійшла виробнику кормів. Методика придатна для побудови системи показників; вона не замінює матеріальний баланс або оцінку життєвого циклу.

Практичне значення (розгорнуто). Стаття не визначає фактичний рівень циркулярності в Україні, оскільки порівнюваних національних даних у дослідженні немає. Практична цінність обмежується архітектурою майбутнього моніторингу. Для її застосування потрібні обсяги утворення побічних продуктів, частка окремо зібраних біовідходів, напрями збуту, витрати на підготовку й транспортування, показники якості та відомості про кінцевого споживача. У сегменті кормовиробництва доцільно збирати дані про вид і походження вторинної сировини, її поживність, результати санітарно-ветеринарного контролю, частку у рецептурі, стабільність постачання та ціну відносно первинного аналога. На цій основі можна оцінювати розвиток і підвищення ефективності ринку кормовиробництва для тваринництва без підміни фактичного використання ресурсів оцінками їх теоретичного потенціалу.

Висновки

Каскадна схема показала послідовність рішень щодо біологічного потоку: спочатку скорочення втрат і повторне використання, далі повернення органічної речовини до агровиробництва, а для залишкових фракцій – виробництво енергії. Показник результату має відображати фактичне використання ресурсу та його кінцеве призначення. Європейські дані зафіксували обмежене повернення біомаси до господарського обігу. У 2024 р. показник циркулярного використання матеріалів у ЄС становив 12,2%, для біомаси – близько 10%. Роздільне збирання охоплювало 15,1 млн т із розрахункового потенціалу 60,0 млн т харчових відходів у ЄС27+, що залишає розрив у 44,9 млн т. Кількість біометанових установок зросла з 483 у 2018 р. до 1678 у червні 2025 р., що свідчить про розбудову енергетичного сегмента циркулярної біоекономіки. Його ресурсний результат слід оцінювати разом із подальшим використанням дигестату та походженням сировини. Методичним результатом дослідження є матриця, що поєднує напрям використання потоку, вимірюваний показник і спосіб його підтвердження. У кормовиробництві вона орієнтує моніторинг на обсяг безпечної побічної сировини, фактично залученої до рецептур, її якість, ціну та стабільність постачання. Подальше дослідження потребує апробації на українських мікроданих. Окремими завданнями є побудова матеріальних балансів продуктових і кормових ланцюгів, визначення референтних значень показників та оцінка економічної доцільності різних маршрутів використання біомаси.

Список використаних джерел

1. Cahyadi E. R., Hidayati N., Zahra N., Arif C. Integrating Circular Economy Principles into Agri-Food Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 16. Article 7165. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16167165>

2. Andika A., Perdana T., Chaerani D., Utomo D. S. Transitioning towards zero waste in the agri-food supply chain: A review of sustainable circular agri-food supply chain. *Sustainable Futures*. 2025. Vol. 10. Article 100917. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100917>
3. Nguyen T. H., Wang X., Utomo D., Gage E., Xu B. Circular bioeconomy and sustainable food systems: What are the possible mechanisms? *Cleaner and Circular Bioeconomy*. 2025. Vol. 11. Article 100145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2025.100145>
4. Khanna M., Zilberman D., Hochman G., Basso B. An economic perspective of the circular bioeconomy in the food and agricultural sector. *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. Article 507. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01663-6>
5. Fassio F., Chirilli C. The Circular Economy and the Food System: A Review of Principal Measuring Tools. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, No. 13. Article 10179. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151310179>
6. Bigliardi B., Dolci V., Filippelli S., Pini B., Petroni A., Tagliente L. Circular Economy in the Food Supply Chain: A literature review. *Procedia Computer Science*. 2024. Vol. 232. P. 3024–3033. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.118>
7. Chiaraluce G., Bentivoglio D., Finco A. The circular economy model in the agri-food sector: A new strategy for the regional development. *AIMS Agriculture and Food*. 2023. Vol. 8, No. 3. P. 851–872. DOI: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023045>
8. Dovgal O., Potryvaieva N., Bilichenko O., Kuzoma V., Borko T. Agricultural sector circular economy development: Agroecological approach. *Ekonomika APK*. 2024. Vol. 31, No. 4. P. 10–22. DOI: <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/4.2024.10>
9. Shebanin V., Shebanina O., Kormyshkin Yu. Implementation of circular economy principles to promote the development of rural areas. *Ekonomika APK*. 2024. Vol. 31, No. 2. P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202402051>
10. OECD. Monitoring Progress towards a Resource-Efficient and Circular Economy. Paris : OECD Publishing, 2024. 86 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/3b644b83-en>
11. Korosuo A., Borzacchiello M. T., Giuntoli J., Lasarte Lopez J., M'Barek R., Mubareka S. B., Camia A. Trends in the EU bioeconomy – update 2024. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2760/0141556>
12. Eurostat. Circular economy – material flows. *Statistics Explained*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows (дата звернення: 08.05.2026).
13. European Environment Agency. Bio-waste in Europe – turning challenges into opportunities. EEA Report No. 04/2020. Copenhagen : European Environment Agency, 2020. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/bio-waste-in-europe> (дата звернення: 08.05.2026).
14. Bio-based Industries Consortium, Zero Waste Europe. Bio-waste generation in the EU: Current capture levels and future potential. 2nd ed. Brussels : Bio-based Industries Consortium, 2024. URL: <https://biconsortium.eu/publication/bio-waste-generation-eu-current-capture-levels-and-future-potential-0> (дата звернення: 08.05.2026).
15. Gas Infrastructure Europe, European Biogas Association. European Biomethane Map 2025. Version June 2025. Brussels : Gas Infrastructure Europe; European Biogas Association, 2025. URL: <https://www.gie.eu/publications/maps/european-biomethane-map/> (дата звернення: 08.05.2026).

References

1. Cahyadi, E. R., Hidayati, N., Zahra, N., & Arif, C. (2024). Integrating circular economy principles into agri-food supply chain management: A systematic literature review. *Sustainability*, 16(16), Article 7165. <https://doi.org/10.3390/su16167165>

2. Andika, A., Perdana, T., Chaerani, D., & Utomo, D. S. (2025). Transitioning towards zero waste in the agri-food supply chain: A review of sustainable circular agri-food supply chain. *Sustainable Futures*, 10, Article 100917. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100917>
3. Nguyen, T. H., Wang, X., Utomo, D., Gage, E., & Xu, B. (2025). Circular bioeconomy and sustainable food systems: What are the possible mechanisms? *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 11, Article 100145. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2025.100145>
4. Khanna, M., Zilberman, D., Hochman, G., & Basso, B. (2024). An economic perspective of the circular bioeconomy in the food and agricultural sector. *Communications Earth & Environment*, 5, Article 507. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01663-6>
5. Fassio, F., & Chirilli, C. (2023). The circular economy and the food system: A review of principal measuring tools. *Sustainability*, 15(13), Article 10179. <https://doi.org/10.3390/su151310179>
6. Bigliardi, B., Dolci, V., Filippelli, S., Pini, B., Petroni, A., & Tagliente, L. (2024). Circular economy in the food supply chain: A literature review. *Procedia Computer Science*, 232, 3024–3033. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.118>
7. Chiaraluce, G., Bentivoglio, D., & Finco, A. (2023). The circular economy model in the agri-food sector: A new strategy for regional development. *AIMS Agriculture and Food*, 8(3), 851–872. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2023045>
8. Dovgal, O., Potryvaieva, N., Bilichenko, O., Kuzoma, V., & Borko, T. (2024). Agricultural sector circular economy development: Agroecological approach. *Ekonomika APK*, 31(4), 10–22. <https://doi.org/10.32317/ekon.apk/4.2024.10>
9. Shebanin, V., Shebanina, O., & Kormyshkin, Y. (2024). Implementation of circular economy principles to promote the development of rural areas. *Ekonomika APK*, 31(2), 51–59. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202402051>
10. OECD. (2024). Monitoring progress towards a resource-efficient and circular economy. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3b644b83-en>
11. Korosuo, A., Borzacchiello, M. T., Giuntoli, J., Lasarte López, J., M'Barek, R., Mubareka, S. B., & Camia, A. (2024). Trends in the EU bioeconomy–Update 2024. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/0141556>
12. Eurostat. (n.d.). Circular economy–Material flows. Statistics Explained. Retrieved May 8, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows
13. European Environment Agency. (2020). Bio-waste in Europe–Turning challenges into opportunities (EEA Report No. 04/2020). <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/bio-waste-in-europe>
14. Bio-based Industries Consortium, & Zero Waste Europe. (2024). Bio-waste generation in the EU: Current capture levels and future potential (2nd ed.). <https://biconsortium.eu/publication/bio-waste-generation-eu-current-capture-levels-and-future-potential-0>
15. Gas Infrastructure Europe, & European Biogas Association. (2025). European biomethane map 2025 (Version June 2025). <https://www.gie.eu/publications/maps/european-biomethane-map/>