

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-340-71>

УДК 330.338

ГОЦІЙ Богдан

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»

<https://orcid.org/0009-0009-5925-1799>

e-mail: b.gotsiy@istu.edu.ua

ТУЛЬЧИНСЬКИЙ Ростислав

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»

<https://orcid.org/0000-0003-1605-1403>

e-mail: r.tulchynskiy@istu.edu.ua

ПОГРЕБНЯК Анна

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

<https://orcid.org/0000-0003-2421-476X>

e-mail: anna.u.pogrebnyak@gmail.com

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ПЕРЕРОБКИ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ В УМОВАХ СТАНОВЛЕННЯ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

У статті обґрунтовано напрями розвитку переробки харчових відходів в умовах становлення циркулярної економіки, яка передбачає повторне використання матеріалів, подовження економічного ланцюга використання ресурсів, уникнення відходів та їх переробку. Доведено, що раціональне управління харчовими відходами стає необхідною умовою сталого розвитку підприємств та потребує інтегрованого підходу до створення ефективної системи поводження з харчовими відходами, а також розробки державних програм і політики у контексті впровадження принципів циркулярної економіки. Обґрунтовано, що переробка харчових відходів та їх трансформація у продукцію з доданою вартістю виступає важливою складовою розвитку сучасних харчових підприємств у межах концепції циркулярної економіки. Проаналізовано форми переробки харчових відходів, до яких відносяться компостування та виробництво біогазу. В умовах дефіциту електроенергії та обмеженості традиційних енергоресурсів, біогазові технології можуть стати потужним фактором розвитку національної енергетики в умовах становлення циркулярної економіки. Проаналізовано діяльність українських підприємств, що є лідерами у біогазовому секторі країни. Встановлено, що переробка харчових відходів відіграє ключову роль у розбудові циркулярної економіки, яка базується на раціональному використанні ресурсів і зменшенні екологічного навантаження.

Ключові слова: циркулярна економіка, управління відходами, переробка харчових відходів, виробництво біогазу, компостування.

GOTSII Bogdan, TULCHINSKIY Rostislav

Higher Educational Institution "International University of Science and Technology named after Academician Yuri Bugay"

POHREBNIYAK Anna

National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kiev polytechnic institute"

DIRECTIONS OF FOOD WASTE PROCESSING DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF THE FORMATION OF A CIRCULAR ECONOMY

The article substantiates the directions of food waste processing development in the context of the formation of a circular economy, which involves the reuse of materials, extension of the economic chain of resource use, waste avoidance and recycling. The relevance of the study is due to the fact that among the main problems in the field of waste management remain a significant negative impact on the environment and insufficient use of the potential of food waste as an available raw material for creating value-added products in the context of the formation of a circular economy. It is proven that rational food waste management is becoming a necessary condition for the sustainable development of enterprises and requires an integrated approach to creating an effective food waste management system, as well as the development of state programs and policies in the context of implementing the principles of the circular economy. It is substantiated that the processing of food waste and its transformation into value-added products is an important component of the development of modern food enterprises within the framework of the concept of a circular economy. The forms of food waste processing, including composting and biogas production, are analyzed. Composting is an effective means of transforming food waste into a valuable product and includes the following stages: waste collection, compost pile formation, air exchange and humidity provision, decomposition process, finished product. In conditions of electricity shortage and limited traditional energy resources, biogas technologies can become a powerful factor in the development of the national energy sector in the context of the formation of a circular economy. The process of biogas production from food waste includes the following stages: raw material collection, raw material pre-treatment, anaerobic digestion, biogas collection and purification. The activities of Ukrainian enterprises that are leaders in the biogas sector of the country are analyzed. It is established that food waste processing plays a key role in the development of a circular economy based on the rational use of resources and reducing the environmental load.

Keywords: circular economy, waste management, food waste processing, biogas production, composting.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Постійно зростаючи потреби населення в умовах лінійного принципу розвитку економіки призвели до забруднення та виснаження екосистеми та поставили перед людством питання щодо розроблення та впровадження парадигми оптимізації використання ресурсів для задоволення потреб суспільства та забезпечення збереження екосистеми. У цьому контексті парадигмальний суспільний розвиток

постіндустріального суспільства спрямований на генерування та впровадження інновацій для забезпечення задоволення суспільних потреб за умов більш ефективного, раціонального, ощадливого та безпечного використання ресурсів. Одним із напрямів, який сприяє такому суспільному розвитку, є формування циркулярної економіки, яка передбачає повторне використання матеріалів, подовження економічного ланцюга використання ресурсів, уникнення відходів та їх переробку. Проблематикою циркулярної економіки також виступає переробка відходів, у тому числі, харчових.

Харчові відходи, що утворюються на рівні домогосподарств, підприємств, міст, регіонів і держав загалом, можуть становити серйозну загрозу для довкілля, однак, водночас – слугувати джерелом енергії, сировиною для виробництва біодобрив та інших корисних продуктів. Саме тому, розвиток системи поводження з харчовими відходами має подвійне значення: з одного боку, це шлях до вирішення наявних екологічних проблем (As Is), а з іншого – інструмент для створення нових економічних можливостей і стимулювання розвитку (To Be).

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У сфері переробки харчових відходів та впровадження принципів циркулярної економіки працювало багато науковців та дослідників. Так В.А. Голян та Д.М. Шмаров у своєму дослідженні аналізують інституційні чинники та визначають основні напрями інвестиційного забезпечення сталого розвитку переробно-харчової галузі шляхом утилізації відходів рослинного і тваринного походження [4]. Це розглядається як засіб подолання дисбалансу між сировинним і переробним секторами національного агропромислового комплексу. Продовжуючи даний напрям дослідження В.А. Голян із колективом авторів [5] обґрунтовує засади визначення пріоритетів залучення інвестиційних ресурсів з різних джерел для фінансування ресурсозберігаючих процесів переробно-харчових підприємств в умовах екологізації розвитку економіки із урахуванням територіальної неоднорідності природно-кліматичних, природно-ресурсних та виробничих умов розвитку сировинного сегмента агропромислового комплексу.

О. Котикова, М. Бабіч, Т. Олійник [7] досліджують та групують причини втрат продовольства та харчових відходів, що дало можливість авторам запропонувати підходи для забезпечення мінімізації втрат харчових відходів на кожному етапі харчового ланцюгу та розробити напрями політики реалізації обґрунтованих напрямів для малих й середніх підприємств.

С.О. Тульчинська та М.О. Баранніков [9] аналізують частку переробних відходів у загальній структурі утилізації в Україні та ЄС, визначають тенденції розвитку сфери переробки відходів в умовах формування засад циркулярної економіки та обґрунтовують напрями активізації сфери переробки відходів в Україні.

Серед основних проблем у сфері поводження з відходами залишаються значний негативний вплив на навколишнє середовище та недостатнє використання потенціалу харчових відходів як доступної сировини для створення продукції з доданою вартістю в умовах становлення циркулярної економіки. Розробка ефективних механізмів управління такими відходами сприятиме не лише гармонізації з європейськими екологічними стандартами, а й формуванню чистої, екологічно безпечної держави.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою наукової статті є вивчення актуальних тенденцій у сфері переробки харчових відходів, аналіз європейського досвіду щодо впровадження та модернізації систем поводження з органічними відходами в умовах становлення циркулярної економіки, а також оцінка можливостей адаптації таких практик до українських реалій.

Основними завданнями дослідження є визначення ключових напрямів переробки харчових відходів, аналіз динаміки розвитку галузі та розробка рекомендацій для формування національної стратегії у цій сфері в умовах становлення циркулярної економіки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Тendenції щодо впровадження засад циркулярної економіки спостерігаються і в харчовій промисловості, яка є однією з ключових і стратегічно важливих сфер економічної діяльності для кожної людини. Раціональне управління харчовими відходами стає необхідною умовою сталого розвитку підприємств та потребує інтегрованого підходу до створення ефективної системи поводження з харчовими відходами, а також розробки державних програм і політики у контексті впровадження принципів циркулярної економіки [10, с. 12].

Регулювання сфери обігу харчових відходів є надзвичайно важливим з низки причин. Насамперед, відходи по своїй суті є тотожними економічним втратам, нераціонального використання ресурсів і втрачених можливостей. В умовах циркулярної економіки, яка прагне до максимально ефективного використання кожної одиниці ресурсу, товару чи сировини, управління відходами набуває особливого значення. Одним із ключових завдань є запобігання появі непридатної продукції, а у випадку утворення відходів – забезпечення їх повторного використання з максимальною ефективністю.

Переробка харчових відходів і трансформація їх у продукцію з доданою вартістю виступає важливою складовою розвитку сучасних харчових підприємств у межах концепції циркулярної економіки. Така

практика поступово стає нормою для підприємств харчової промисловості, а також вектором спрямування зусиль для державних інституцій та регуляторних органів, які відіграють ключову роль у створенні сприятливого середовища для ефективного використання харчових відходів.

Державна підтримка формування та впровадження засад циркулярної економіки – це один із вагомих чинників розвитку ринку переробки харчових відходів. Цей вплив може реалізовуватись як через пряме регулювання завдяки запровадженню законодавчих норм, заборон і технічних регламентів, так і шляхом створення економічно вигідних умов, за яких переробка відходів стає привабливішою альтернативою утилізації.

Європейські лідери харчової індустрії, зокрема компанії Danone, Procter & Gamble, Perdue та інші активно впроваджують засади циркулярної економіки через ініціативи з ресайклінгу та переробки харчових залишків у продукцію з доданою вартістю. Це сприяє формуванню сталої інфраструктури для бізнесу загалом.

Аналізуючи етапи розвитку напрямку Food Waste Management (FWM), можна виокремити такі ключові фази його становлення:

- формування промисловості у сфері твердих побутових відходів (ТПВ) як одного із найпростіших способів їхньої утилізації;
- запровадження державного регулювання з метою стимулювання переробної галузі. Наприклад, у сусідніх з Україною країнах ЄС (Польща, Румунія, Словаччина тощо) було встановлено мінімальні тарифи на вивезення сміття, які суттєво перевищують вартість переробки відходів у продукти з доданою вартістю;
- насичення ринку, загострення конкуренції та спеціалізація компаній у вузьких сегментах, таких як переробка олій, жирів та інших харчових відходів;
- розвиток основної інфраструктури всередині країни.

Розглядаючи харчові відходи як вторинну сировину або джерело продуктів із доданою вартістю, можна говорити про поступовий розвиток цього ринку в Україні. Однією із найпоширеніших форм переробки є компостування та виробництво біогазу.

Компостування – це ключовий процес, який сприяє охороні довкілля, збереженню ресурсів та покращенню умов життя. В умовах поглиблення проблем зі сміттєзвалищами та екологічним забрудненням воно стає не лише бажаним, а й необхідним.

Отриманий компост багатий на поживні речовини, покращує структуру ґрунтів і підвищує їхню родючість. Це сприяє утриманню вологи в ґрунті, що важливо в умовах змін клімату та посух. Також він зменшує потребу в хімічних добривах, які часто шкодять водним ресурсам та ґрунтам.

Окрім екологічних переваг компостування має економічну вигоду: воно зменшує витрати на вивезення сміття та дозволяє отримати природне добриво без додаткових витрат.

Для підприємств харчової промисловості компостування може включати наступні етапи:

- збір відходів – включає залишки фруктів, овочів, шкаралупу яєць, кавову гущу тощо. Слід уникати продуктів тваринного походження;
- формування компостної купи – поєднання «зелених» і «коричневих» компонентів для досягнення балансу;
- забезпечення повітряного обміну та вологості – регулярне перемішування та контроль за вологістю;
- процес розкладання – здійснюється мікроорганізмами та ґрунтовими організмами;
- готовий продукт – через декілька місяців утворюється темна, розсипчаста маса з приємним запахом, яку можна використовувати як добриво.

Компостування є ефективним засобом перетворення харчових відходів у цінний продукт. Гарним прикладом є Львівська компостувальна станція, яка обслуговує як населення так і муніципалітети, забезпечуючи екологічну переробку відходів та постачаючи компост для озеленення міських територій.

Одним із перспективних напрямів переробки харчових відходів є виробництво біогазу. Такий підхід дозволяє ефективно вирішувати проблему накопичення органічних залишків, водночас генеруючи відновлювану енергію. Основа цього процесу – анаеробне зброджування, тобто біохімічний розклад органічної сировини в умовах відсутності кисню. В результаті утворюється біогаз (суміш метану й вуглекислого газу) та органічне добриво.

В умовах дефіциту електроенергії та обмеженості традиційних енергоресурсів, біогазові технології можуть стати потужним фактором розвитку національної енергетики в умовах становлення циркулярної економіки. Спалювання біогазу на електрогенераційних установках дозволяє отримувати електроенергію, тепло, а також забезпечувати енергетичну незалежність на локальному рівні, що особливо набуває актуальності в умовах воєнного стану в Україні.

Процес виробництва біогазу з харчових відходів включає декілька ключових етапів, а саме:

по-перше, збір сировини: харчові залишки (овочеві й фруктові шкарпки, залишки їжі, жири, масла) транспортуються до біогазових станцій. На даному етапі важливо уникати домішок неорганічного походження;

по-друге, попередня обробка: подрібнення та змішування з водою створюють однорідну масу, придатну для зброджування;

по-третє, анаеробне зброджування: мікроорганізми в біореакторі розкладають органіку, утворюючи метан і вуглекислий газ;

по-четверте, збір і очищення біогазу: отриманий газ очищується від шкідливих домішок і використовується як паливо.

Український біогазовий сектор вже демонструє позитивну динаміку завдяки наявним природним ресурсам та зростаючому попиту на «зелену» енергетику. В країні діє низка підприємств, які успішно експлуатують біогазові установки. До таких підприємств відносяться:

- МХП – провідна агрокомпанія, що перетворює курячий послід і виробничі залишки в біогаз на птахофабриках. Вироблена електроенергія частково реалізується за «зеленим» тарифом [8];

- Агропромисловий холдинг «Астарта-Київ», що переробляє залишки цукрового та тваринницького виробництва в енергію, знижуючи енерговитрати [1];

- ГК «Укрлендфармінг» – виробляє електроенергію з біогазу, отриманого з аграрних відходів [3];

- ГК «Агро-Овен» – забезпечує енергетичну автономність об'єктів завдяки власним біогазовим установкам [2];

- Екософт – спеціалізується на екологічних рішеннях у сфері біоенергетики [6].

Майбутнє ринку біогазу в Україні значною мірою залежить від подальшої державної підтримки, зменшення інвестиційних та регуляторних бар'єрів, а також впровадження технологічних інновацій.

Окрему увагу слід приділити харчовим відходам як джерелу біогазу – ця сировина має вищий потенціал порівняно з тими, що використовуються наразі. Розвиток і популяризація сегменту «food waste» сприятимуть формуванню нових інфраструктурних рішень та активізації циркулярної економіки в Україні.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Переробка харчових відходів відіграє ключову роль у розбудові циркулярної економіки, яка базується на раціональному використанні ресурсів і зменшенні екологічного навантаження. Харчова промисловість залишається одним із провідних генераторів відходів, що зумовлює актуальність упровадження ефективних та сучасних методів їх утилізації. Вирішення цієї проблеми потребує запровадження інноваційних технологій переробки, удосконалення виробничих процесів і стимулювання відповідального споживання.

Подальші дослідження в цій галузі мають бути спрямовані на глибше вивчення новітніх технологій переробки харчових відходів, зокрема з акцентом на їх енергетичну та економічну доцільність у контексті переходу до циркулярної моделі господарювання.

Література

1. Агропромисловий холдинг «Астарта-Київ». URL: <https://astartaholding.com/> (дата звернення 21.12.2024).
2. ГК «Агро-Овен». URL: <https://pigua.info/uk/post/na-ukrainskih-fermah-stali-aktivno-viroblati-biogaz> (дата звернення 27.01.2025).
3. ГК «Укрлендфармінг». URL: <https://www.ulf.com.ua/> (дата звернення 15.01.2025).
4. Голян В. А. Шмаров Д. М. Комплексний розвиток переробно-харчових виробництв на основі утилізації відходів: інституціональні передумови та інвестиційне забезпечення. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 13. С. 10-16.
5. Голян В. А., Заставний Ю. Б., Недопад Г. В., Левицький В. В., Бардась В. М. Ресурсозбереження в секторі переробно-харчових виробництв в контексті екологізації національної економіки: регіональний вимір та інвестиційне забезпечення. *Агросвіт*. 2024. № 6. С. 51-59.
6. Екософт. URL: https://ecosoft.ua/ua/blog/bortnicheskaya-stantsiya-aeratsii/?srsltid=AfmBOopDjWSBJtfH_v3Kb4UrAhDAEQznSy6VPhlc7r0I19xPrrAHpTFC (дата звернення 20.12.2024).
7. Котикова О., Бабіч М., Олійник Т. Заходи щодо скорочення втрат продовольства та харчових відходів в Україні. *Agricultural and Resource Economics*. 2020. №6 (4). С. 144-167.
8. МХП. URL: <https://mhpr.com.ua/uk/press-releases/mkhp-zadaje-globaljni-ekologichni-trendi-persha-cherga-najbiljshogo-v-sviti-visokotekhnologichnogo-biogazovogo-kompleksu-vvedena-v-ekspluatatsiju> (дата звернення 10.01.2025).
9. Тульчинська С. О., Баранніков М. О. Тенденції розвитку сфери переробки відходів у розрізі циркулярної економіки. *Ефективна економіка*. 2024. Вип. 11. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/5083/5127> (дата звернення 17.12.2024).
10. Kryvda O., Tulchynska S., Smerichevskiy S., Lagodiienko N., Marych M., Naghiyeva A. (2022). Harmony of Ecological Development in the Conditions of the Circular Economy Formation. *Environment and Ecology Research*, vol. 10, no. 1, pp. 11-20.
11. Tulchynska, S., Popelo, O., Pohrebniak, A., Borysenko, O., Redko, K., Koba, V. (2023). Innovative and investment activities of enterprises within eco-industrial parks in the circular economy context. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 18, no. 1, pp. 79-89.

References

1. Ahropromyslovyyi kholdynh «Astarta-Kyiv», available at: <https://astartaholding.com/>
2. HK «Ahro-Oven», available at: <https://pigua.info/uk/post/na-ukrainskih-fermah-stali-aktivno-viroblati-biogaz>
3. HK «Ukrlendfarminh», available at: <https://www.ulf.com.ua/>
4. Holian V.A. Shmarov D.M. (2018), Integrated development of food processing industries based on waste utilization: institutional prerequisites and investment support. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, vol. 13, pp. 10-16.
5. Holian V.A., Zastavnyi Yu.B., Nedopad H.V., Levytskyi, V.V., Bardas, V.M. Resource conservation in the food processing sector in the context of greening the national economy: regional dimension and investment support. *Ahrosvit*. 2024. № 6. S. 51-59.
6. Ekosoft, available at: https://ecosoft.ua/ua/blog/bortnicheskaya-stantsiya-aeratsii/?srsltid=AfmBOopDjWSBJtfH_v3Kb4UrAhDAEQznSy6VPhlc7r0I19xPrrAHpTFC
7. Kotykova, O., Babich, M., Oliinyk, T. (2020), Measures to reduce food losses and food waste in Ukraine. *Agricultural and Resource Economics*, vol. 6, no. 4, pp. 144-167.
8. MKhP, available at: <https://mhp.com.ua/uk/press-releases/mkhp-zadaje-globaljni-ekologichni-trendi-persha-chergha-najbiljshogo-v-sviti-visokotekhnologichnogo-biogazovogo-kompleksu-vvedena-v-ekspluatatsiju>
9. Tulchynska, S.O., Barannikov, M.O. (2024), Trends in the development of the waste processing sector in the context of the circular economy. *Efektivna ekonomika*, vol. 11, available at: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/5083/5127>
10. Kryvda, O., Tulchynska, S., Smerichevskyi, S., Lagodiienko, N., Marych, M., Naghiyeva, A. (2022). Harmony of Ecological Development in the Conditions of the Circular Economy Formation. *Environment and Ecology Research*, vol. 10, no. 1, pp. 11-20.
11. Tulchynska, S., Popelo, O., Pohrebniak, A., Borysenko, O., Redko, K., Koba, V. (2023). Innovative and investment activities of enterprises within eco-industrial parks in the circular economy context. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 18, no. 1, pp. 79-89.