

КОМПОСТУВАННЯ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ МЕТОД УТИЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

САКУН А. О. – доктор філософії

orcid.org/0000-0002-1079-7856

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

САМОЙЛЕНКО Н. М. – кандидат технічних наук

orcid.org/0000-0003-0306-8425

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

КУТКОВИЙ Д. О. – аспірант

orcid.org/0009-0001-8722-8280

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Постановка проблеми. Проблема утилізації органічних відходів є особливо актуальною в умовах зростання обсягів твердих побутових відходів (ТПВ) і обмежених можливостей полігонів для їх захоронення. Значну частку відходів становить органічна фракція, що має потенціал для повторного використання шляхом компостування. Традиційні методи видалення відходів, такі як спалювання чи захоронення, призводять до забруднення довкілля та втрати цінних біогенних елементів. Тому пошук екологічно безпечних, енерго-ефективних і ресурсозберігаючих способів утилізації органічних відходів є пріоритетним напрямом сучасної екологічної політики України та світу [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками проблема ефективного використання органічних відходів шляхом компостування активно досліджується як в Україні, так і за кордоном. Науковий інтерес до цього питання зумовлений зростанням обсягів органічної фракції ТПВ, яка становить значну частину всього обсягу відходів і має високий потенціал для біологічного перетворення [1]. У населених пунктах України прийнято усереднений морфологічний склад відходів, згідно з яким відходи харчових продуктів становлять 20,3 відсотка [2].

Переваги компостування у порівнянні з традиційними методами утилізації відходів характеризується багатьма чинниками, а саме: зменшенням обсягу відходів, що потрапляють на полігони; зниженням шкідливих запахів, які пов'язуються з анаеробним розкладанням органічних відходів; скороченням викидів метану та перетворенням органічних відходів у цінні ґрунтові добрива, які збагачені поживними речовинами. Використання компосту підвищує родючість ґрунту, збільшує секвестрацію вуглецю та покращує ґрунтову структуру, а також фізичні, хімічні і біологічні властивості ґрунту [3].

Модель циркулярної економіки наголошує на досягненні цілей сталого розвитку стосовно сталого споживання та виробництва. В країнах ЄС реалізується План дій щодо циркулярної економіки, який передбачає переробку щонайменше 65 % комунальних відходів до 2030 року [4]. Європейська практика показує, що завдяки впровадженню систем роздільного збирання органічних відходів та локальних компостувальних станцій можна досягти перероблення понад 30–40 % усіх побутових відходів. Наприклад, у Німеччині та Австрії

компостування є обов'язковою складовою муніципальних програм поводження з відходами, а отриманий компост використовується для відновлення родючості сільськогосподарських земель [5].

Важливим є децентралізоване компостування, яке може зменшити витрати муніципалітетів на збір відходів на 15–25 % та подовжити термін експлуатації сміттєзвалищ на 5–10 років [4]. Так, наприклад, японська харчова промисловість щорічно генерує 9,5 мільйонів тонн органічних відходів, з яких 25 % направляються на компостування, що сприяє зниженню навантаження на полігони.

В Україні тематика компостування відображена у роботах низки науковців. Зокрема, дослідження [6] присвячені вивченню процесів біодеструкції органічних речовин у сумішах рослинних решток, гною та харчових відходів. Автори відзначають, що оптимальні умови для компостування створюються при співвідношенні вуглецю до азоту (C:N) у межах 25–30:1, вологості 50–60 % та достатній аерації. Подібні висновки має і О. Є. Гончар [7], наголошуючи, що мікробіологічна активність під час термофільної стадії забезпечує знезараження матеріалу та стабілізацію органічної маси.

Закордонні дослідження зосереджуються на вдосконаленні технологічних параметрів процесу компостування. Так, робота [8] демонструє ефективність використання біоактиваторів та ферментних препаратів для прискорення розкладання органічної речовини. У дослідженні [9] підкреслюється важливість контролю співвідношення азоту та фосфору в процесі компостування для запобігання втратам поживних елементів і зменшення неприємного запаху.

Окрему увагу науковці приділяють питанню якості готового компосту та його впливу на ґрунтову родючість. Згідно з дослідженнями Ю. В. Гаврилюка [10], використання компосту з органічних відходів у сільському господарстві сприяє підвищенню вмісту гумусу та покращенню структури ґрунту. Міжнародні роботи підтверджують, що регулярне внесення компосту позитивно впливає на водоутримувальну здатність ґрунту, активність мікроорганізмів і зниження ерозійних процесів [11].

Крім того, останні публікації акцентують увагу на соціально-економічних перевагах розвитку систем компостування. Дослідники відзначають, що створення муніципальних компостувальних станцій не лише

зменшує екологічні ризики, а й формує додаткові робочі місця, сприяє розвитку місцевої економіки та залученню громад до екологічної освіти [12].

Таким чином, проведений аналіз літератури свідчить, що компостування є універсальним, технологічно простим і екологічно доцільним методом утилізації органічної фракції твердих побутових відходів. Проте існує потреба у подальшому теоретичному узагальненні підходів до оцінки ефективності цього процесу та адаптації світового досвіду до умов України, з урахуванням кліматичних, соціально-економічних і правових особливостей.

Мета дослідження полягає в узагальненні теоретичних і практичних засад компостування як екологічно безпечного методу утилізації органічних відходів, визначенні його ролі у зменшенні антропогенного навантаження на довкілля та підвищенні родючості ґрунтів, а також у встановленні перспектив розвитку компостування в Україні в контексті реалізації принципів циркулярної економіки та сталого розвитку.

Результати досліджень. Компостування є одним із найдавніших і водночас найефективніших методів утилізації органічних відходів, що поєднує екологічну безпеку, технологічну простоту виконання та економічну ефективність. Процес ґрунтується на аеробному біологічному розкладанні органічних речовин мікроорганізмами з утворенням стабільного, збагаченого поживними елементами продукту – компосту. Його застосування забезпечує поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту, підвищення вмісту гумусу, активізацію мікробіологічних процесів і зменшення потреби у мінеральних добривах [3, 10].

Основним об'єктом компостування виступає органічна фракція твердих побутових відходів, до складу якої входять харчові рештки, листя, трава, тирса, папір та інші біорозкладні компоненти. Для ефективного перебігу процесу важливим є дотримання технологічних параметрів – співвідношення вуглецю до азоту (оптимально 25–30:1), вологості (50–60 %) і температурного режиму (50–65 °C під час термофільної фази). Забезпечення достатньої аерації сприяє активності аеробних мікроорганізмів та запобігає утворенню неприємного запаху [6, 7]. У ході процесу виділяють кілька послідовних фаз: мезофільну, термофільну, охолодження та дозрівання, які характеризуються зміною мікробіоценозу й стабілізацією органічної маси.

На практиці використовуються три основні технологічні підходи: відкрите компостування у буртах, закриті (у реакторах, біоконтейнерах) та вермикомпостування із застосуванням дощових черв'яків. Вибір методу залежить від обсягів сировини, кліматичних умов, наявності території та рівня механізації. У промислових масштабах найчастіше впроваджується механізоване компостування з контролем вологості та періодичним перемішуванням, що забезпечує дозрівання компосту

за 6–10 тижнів [8,9]. Водночас нині почали розвиватися технології швидкого та автоматизованого компостування [4,13]. Крім певних переваг, таке компостування виділяється доступністю для міських жителів, яким бракує обізнаності або часу для ручних методів проведення процесу.

Європейський досвід демонструє ефективність систематичного впровадження компостування у сфері управління біовідходами. У Німеччині, Австрії, Італії та Польщі функціонують муніципальні центри прийому органічних відходів, які забезпечують переробку 30–40 % побутових відходів [5,11]. Компост активно використовується у сільському господарстві, для рекультивації земель, озеленення міст і відновлення деградованих ґрунтів. Державні програми підтримки локальних компостувальних майданчиків сприяють формуванню елементів циркулярної економіки, зменшенню навантаження на полігони та створенню додаткових робочих місць.

Проте слід зазначити, що незважаючи на певну традиційність і перспективність методу компостування, необхідно звертати увагу на недослідженість деяких його проблем. Відомий факт, що компост може містити мікропластик і ставати джерелом його перенесення у довкілля, а також мати у складі залишки фармацевтичних препаратів, серед яких найбільш негативними є антибіотики [3]. Зважаючи на це, необхідно удосконалювати управління системою роздільного збору фармацевтичних препаратів та пластику, не допускаючи їх надходження на компостування.

В Україні компостування перебуває на етапі становлення. Водночас утворення органічних відходів в Україні у складі загального обсягу ТПВ у період 2018–2024 рр. показує певну стабільність та вказує на можливість отримання великих потенційних обсягів компосту в подальшому (табл. 1).

Ефективне компостування потребує і ефективного роздільного збирання відходів. На сьогодні в Україні у 1440 населених пунктах впроваджується роздільне збирання побутових відходів, яким охоплено 72 відсотки мешканців цих регіонів. Загалом близько 30 відсотків населення країни проводить роздільне збирання відходів [2]. Такий стан окреслює обсяги переробки харчових відходів, але до компостування залучаються і рослинні відходи, що в цілому збільшить масу суміші при компостуванні.

Пілотні проекти щодо переробки органічних відходів реалізуються у Львові та Івано-Франківську, де громади створюють майданчики для компостування побутових біовідходів. Проте розвиток системи стримується нерозвиненістю інфраструктури, недостатнім фінансуванням та ще обмеженим рівнем екологічної свідомості населення.

Встановлено, що компостування має значний потенціал не лише з екологічного, а й соціально-економічного погляду. Застосування компосту дозволяє

Таблиця 1

Динаміка утворення органічних відходів в Україні у 2018–2024 рр.

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Загальний обсяг ТПВ, млн т	10,6	10,8	10,9	11,1	11,3	11,4	11,6
Обсяг органічних відходів, млн т	4,45	4,64	4,91	5,11	5,31	5,47	5,68

підвищити врожайність культур на 10–20 %, зменшити витрати на мінеральні добрива та покращити структуру ґрунтів, особливо на деградованих територіях [10, 12]. Запровадження технологій компостування сприяє зменшенню обсягів відходів, що підлягають захороненню, та створенню умов для сталого розвитку громад.

Перспектива активного розвитку компостування в Україні пов'язується з повоєнним періодом. Водночас, вже у теперішній час, можлива реалізація сталої системи управління відходами, що включає утилізацію органічних відходів компостуванням. Для цього доцільно проводити діяльність у наступних напрямках:

1) запровадження використання найбільш сучасних технологій компостування, серед яких орієнтація здійснюється на інтелектуальні технології, що постійно розвиваються;

2) створення системи державного нормування, яка передбачає показники якості компосту щодо наявності у ньому мікропластику, залишків шкідливих фармацевтичних препаратів, важких металів. Також доцільно врахувати можливість надходження у компостні суміші органічних речовин рослинного походження, які на певних територіях можуть мати забруднення компонентами військової зброї;

3) розвиток комерційного компостування та передбачення державних пільг і стимулів для суб'єктів господарювання щодо створення нових виробництв;

4) підвищення ефективності управління відходами з роздільного збору ТПВ та запровадження Інтернету речей (IoT) в логістиці відходів і у сільському господарстві;

5) заходи щодо широкого інформування громадськості стосовно обізнаності з компостуванням органічних відходів та сортуванням ТПВ, а також створення локальних та муніципальних компостувальних майданчиків, орієнтованих на громади;

6) співпраця муніципальних органів, комерційних структур з сільськогосподарським сектором стосовно зменшення використання синтетичних добрив, розширеного застосування збагаченого компосту та запровадження нових розробок щодо продукту компостування.

Таким чином, можливо стверджувати, що компостування виступає ключовим інструментом формування екологічно безпечної системи управління органічними відходами в Україні, забезпечує перехід до ресурсоефективної моделі циркулярної економіки та є компонентом сталого розвитку у сільському господарстві.

Висновки. Компостування – один із найефективніших і екологічно безпечних методів утилізації органічних відходів, що забезпечує зменшення навантаження на полігони та повернення цінних біогенних елементів у природний кругообіг. Здійснення цього процесу сприяє скороченню викидів парникових газів, покращенню родючості ґрунтів і зниженню потреби в мінеральних добривах.

Теоретичне узагальнення наукових підходів підтверджує, що впровадження компостування є важливою умовою формування ефективної системи управління органічною фракцією твердих побутових відходів. Перспективи розвитку компостування в Україні

пов'язуються зі збільшенням ролі державного регулювання щодо нормування у компостуванні, управлінні ТПВ у напрямку їх роздільного збору; наданням пільг для суб'єктів господарювання при створенні нових об'єктів компостування та виробництва обладнання; створенням локальних та муніципальних компостувальних майданчиків, орієнтованих на громади, а також розширенням інформування населення. Важливим є застосуванням сучасних інтелектуальних технологій та співпраця різних структур, залучених до вирішення питань компостування. Реалізація таких заходів сприятиме переходу України до моделей циркулярної економіки, розширення використання компонентів сталого розвитку у сільському господарстві, а також зменшенню забруднення довкілля.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальших досліджень щодо розвитку технологічних процесів компостування, оцінки якості продукту, підвищення екологічної безпеки шляхом недопущення вторинного забруднення ґрунтів наявністю шкідливих домішок у компості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. World Bank. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018. DOI: 10.1596/978-1-4648-1329-0
2. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року та визнання такими, що втратили чинність, деяких актів: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 груд. 2024 р. № 1353-р. Офіц. вісник України. 2025. № 2.
3. Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., Nicolescu, C. M. Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements. Sustainability. 2024. Vol. 16(15), 6329. DOI: 10.3390/su16156329
4. Saqib, Z., Sadeef, Y. Sustainable waste management through commercial composting: Challenges, opportunities, and future directions for circular economy. European Journal of Sustainable Development Research. 2025. Vol. 9(4), em0319. DOI: 10.29333/ejosdr/16579
5. European Environment Agency. Bio-waste in Europe – Turning Challenges into Opportunities. EEA Report No. 4/2020. Copenhagen, 2020. DOI: 10.2800/499671
6. Кравченко І. М., Іваніна О. В. Біотрансформація органічних відходів у процесі компостування. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія. 2018. № 294. С. 72–79.
7. Гончар О. Є. Біодеструкція органічної речовини у процесах компостування. Екологічна безпека та природокористування. 2019. № 2(30). С. 45–51.
8. Zhang, L., Sun, X., Tian, Y. Enhancing the composting process of organic waste by using microbial inoculants: a review. Bioresource Technology. 2020. Vol. 301, 122730. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.122730
9. Boldrin, A., Andersen, J. K., Christensen, T. H. Environmental assessment of garden waste management in the Municipality of Aarhus, Denmark. Waste Management. 2019. Vol. 84, pp. 194–203. DOI: 10.1016/j.wasman.2018.11.024

10. Гаврилук Ю. В. Використання компосту як органічного добрива в агроєкосистемах. Вісник аграрної науки. 2020. № 3. С. 45–52.
11. Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment – a review. *Bioresource Technology*. 2018. Vol. 100, pp. 5444–5453. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.11.027
12. OECD. Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries: Evidence from Environmental Performance Reviews. Paris: OECD Publishing, 2019. DOI: 10.1787/9789264309395-en
13. Yin, J., Xie, M., Yu, X., Feng, H., Wang, M., Zhang, Y., Chen, T. A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution*. 2024. Vol. 342, 123125. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.123125.

REFERENCES:

1. World Bank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
2. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu upravlinnia vidkhodamy do 2033 roku ta vyznannia takymy, shcho vtratyly chynnist, deiakykh aktiv [On approval of the National Waste Management Plan until 2033 and recognition of certain acts as invalid]. *Ofitsiinyi visnyk Ukrainy*, (2) [in Ukrainian].
3. Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., & Nicolescu, C.M. (2024). Composting as a sustainable solution for organic solid waste management: current practices and potential improvements. *Sustainability*, 16(15), 6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>
4. Saqib, Z., & Sadeh, Y. (2025). Sustainable waste management through commercial composting: challenges, opportunities, and future directions for circular economy. *European Journal of Sustainable Development Research*, 9(4), em0319. <https://doi.org/10.29333/ejosdr/16579>
5. European Environment Agency. (2020). Bio-waste in Europe – Turning Challenges into Opportunities. EEA Report No. 4/2020. Copenhagen. <https://doi.org/10.2800/499671>
6. Kravchenko, I. M., & Ivanina, O.V. (2018). Biotransformatsiia orhanichnykh vidkhodiv u protsesi kompostuvannia [Biotransformation of organic waste in the composting process]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: Biolohiia, biotekhnolohiia, ekolohiia*, (294), 72–79 [in Ukrainian].
7. Honchar, O. Ye. (2019). Biodestruktsiia orhanichnoi rechovynyuprotsesakhkompostuvannia[Biodegradation of organic matter in composting processes]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 2(30), 45–51 [in Ukrainian].
8. Zhang, L., Sun, X., & Tian, Y. (2020). Enhancing the composting process of organic waste by using microbial inoculants: a review. *Bioresource Technology*, 301, 122730. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122730>
9. Boldrin, A., Andersen, J. K., & Christensen, T. H. (2019). Environmental assessment of garden waste management in the Municipality of Aarhus, Denmark. *Waste Management*, 84, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.024>

10. Havryliuk, Yu. V. (2020). Vykorystannia kompostu yak orhanichnoho dobryva v ahroekosystemakh [Use of compost as an organic fertilizer in agroecosystems]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, (3), 45–52 [in Ukrainian].
11. Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2018). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment – a review. *Bioresource Technology*, 100, 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
12. OECD. (2019). Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries: Evidence from Environmental Performance Reviews. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264309395-en>
13. Yin, J., Xie, M., Yu, X., Feng, H., Wang, M., Zhang, Y., & Chen, T. (2024). A review of the definition, influencing factors, and mechanisms of rapid composting of organic waste. *Environmental Pollution*, 342, 123125. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123125>

Сакун А. О., Самойленко Н. М., Кутковий Д. О.
Компостування як екологічно безпечний метод утилізації органічних відходів

У статті узагальнено теоретичні та практичні засади компостування як екологічно безпечного методу утилізації органічних відходів, спрямованого на зниження антропогенного навантаження на довкілля та підвищення родючості ґрунтів. Метою дослідження є визначення ролі компостування у формуванні екологічно орієнтованих систем управління відходами та перспектив його широкого впровадження в Україні в контексті реалізації принципів циркулярної економіки та сталого розвитку.

У роботі застосовано методи порівняльного аналізу, систематизації наукових джерел і узагальнення результатів попередніх досліджень, що дозволило проаналізувати потенціал використання органічної фракції твердих побутових відходів та визначити перспективи для розширеного використання компостування в Україні.

Встановлено, що компостування є одним із найперспективніших напрямів біологічної переробки органічних відходів, що дозволяє скоротити обсяги відходів, які підлягають захороненню та зменшити викиди метану. Використання компосту як органічного добрива сприяє поліпшенню родючості ґрунту, збільшує секвестрацію вуглецю та зменшує потреби у мінеральних добривах.

Аналіз зарубіжного досвіду показав, що компостування є невід'ємною частиною муніципальних програм управління біовідходами, тоді як в Україні цей процес перебуває на етапі становлення. Пілотні проєкти впроваджуються у деяких міських громадах, однак поширення практик обмежується відсутністю належної інфраструктури управління відходами, недостатніми фінансуванням та недостатнім рівнем екологічної свідомості населення.

У роботі визначено перспективи стійкого та екологічно безпечного розвитку компостування в Україні. Запропоновано залучення державного регулювання до нормування забруднення компосту шкідливими речовинами, ефективного управління роздільним збором ТПВ та надання пільг суб'єктам господарювання стосовно їх діяльності з утилізації відходів шляхом компостування. Також запропоновано запровадження сучасних інтелектуальних технологій у компостуванні та цифрових технологій (IoT) в управлінні органічними відходами і у сільському господарстві. Зазначено, що важливою сферою

є співпраця різних структур, залучених у процес утилізації відходів компостуванням, а також інформування та обізнаність громад щодо компостування. Узагальнені результати підтверджують, що компостування органічних відходів є ключовим інструментом ресурсозбереження та екологічної безпеки, а його впровадження сприятиме переходу України до моделі циркулярної економіки та сталого розвитку у системі управління відходами.

Ключові слова: компост, компостування, родючість ґрунту, підвищення родючості, органічна фракція твердих побутових відходів.

**Sakun A. O., Samoilenko N. M., Kutkovyi D. O.
Composting as an environmentally safe method of
organic waste utilization**

The article summarizes the theoretical and practical foundations of composting as an environmentally safe method of organic waste utilization aimed at reducing anthropogenic pressure on the environment and improving soil fertility. The purpose of the study is to determine the role of composting in the formation of environmentally oriented waste management systems and the prospects for its widespread implementation in Ukraine in the context of the principles of the circular economy and sustainable development.

The research applies methods of comparative analysis, systematization of scientific sources, and generalization of previous research results, which made it possible to analyze the potential of using the organic fraction of municipal solid waste and to identify opportunities for expanding composting practices in Ukraine.

It was found that composting is one of the most promising areas of biological treatment of organic waste, allowing

for the reduction of waste volumes destined for landfilling and for the mitigation of methane emissions. The use of compost as an organic fertilizer improves soil fertility, increases carbon sequestration, and reduces the need for mineral fertilizers.

An analysis of foreign experience showed that composting is an integral part of municipal biowaste management programs, whereas in Ukraine this process is still in its formative stage. Pilot projects have been implemented in several urban communities; however, the spread of such practices is constrained by insufficient waste management infrastructure, limited funding, and a low level of environmental awareness among the population.

The study identifies prospects for sustainable and environmentally safe development of composting in Ukraine. It proposes involving state regulation in setting standards for compost contamination by harmful substances, improving the management of separate waste collection, and providing incentives for enterprises engaged in composting-based waste utilization. It also suggests the introduction of modern intelligent composting technologies and digital tools (IoT) for managing organic waste and agricultural processes. It is emphasized that cooperation among different stakeholders involved in composting and raising public awareness and education are crucial.

The summarized findings confirm that composting of organic waste is a key tool for resource conservation and environmental safety, and its implementation will contribute to Ukraine's transition toward a circular economy and sustainable waste management system.

Key words: compost, composting, soil fertility, fertility enhancement, organic fraction of municipal solid waste.

Дата першого надходження рукопису до видання: 29.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.1.2025

Дата публікації: 14.12.2025