



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№ 14
Український журнал природничих наук
№ 14

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 628.477:504.06
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.27>

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ
ВІДХОДАМИ У ХМЕЛЬНИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ ЯК ЧИННИКА ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПІВНІЧНОГО РЕЙНУ-ВЕСТФАЛІЇ
(НІМЕЧЧИНА)**

О. О. Єфремова¹, Н. Г. Міронова², А. О. Дячук³, О. П. Матеюк⁴, С. М. Шевченко⁵

У статті досліджено сучасний стан системи управління твердими побутовими відходами (ТПВ) у Хмельницькій області й здійснено порівняльний аналіз із практиками землі Північний Рейн-Вестфалія (NRW), Німеччина. Визначено, що домінування захоронення відходів, низький рівень переробки, фрагментарність інфраструктури й обмеженість фінансування формують комплексні екологічні й техногенні ризики, що зумовлюють необхідність системної модернізації. На основі статистичних даних і регіональних звітів ідентифіковано ключові проблеми: перевантаження полігонів, відсутність ефективної дегазації та компостування, низьке охоплення населення прак-

¹ кандидатка технічних наук, доцентка,
завідувачка кафедри екології та біологічної освіти
(Хмельницький національний університет, м. Хмельницький)
e-mail: yefremovaoo@khnmu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-8153-1150

² докторка сільськогосподарських наук, професорка,
професорка кафедри екології та біологічної освіти
(Хмельницький національний університет, м. Хмельницький)
e-mail: mironovana@khnmu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-6214-0805

³ кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та біологічної освіти
(Хмельницький національний університет, м. Хмельницький)
e-mail: diachukan@khnmu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-5974-7286

⁴ кандидатка педагогічних наук, доцентка,
доцентка кафедри екології та біологічної освіти
(Хмельницький національний університет, м. Хмельницький)
e-mail: mateiukol@khnmu.edu.ua
ORCID: 0000-00002-0523-7854

⁵ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри екології та біологічної освіти
(Хмельницький національний університет, м. Хмельницький)
e-mail: shevchenkos@khnmu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7558-255X

тиками роздільного збору, тарифні дисбаланси та слабкий соціальний компонент екологічної культури.

Європейський досвід, зокрема модель управління відходами у NRW, продемонстрував ефективність поєднання інституційних інструментів (федеральний рамковий закон «Про сприяння циркулярній економіці та забезпечення екологічно безпечного управління відходами», KrWG; розширена відповідальність виробника, EPR; депозитна система, Pfandsystem), техноекоекологічної інфраструктури (механіко-біологічна обробка, біогазові установки, RDF, компостування) та прозорого моніторингу (LANUV). Це забезпечує високий рівень переробки (>65%) і мінімізацію захоронення (<5%). У статті проведено SWOT-аналіз регіональної системи управління ТПВ у Хмельницькій області, який засвідчив наявність як інституційних передумов розвитку (стратегічні документи, активні громади), так і суттєвих бар'єрів (зношена інфраструктура, недостатня нормативно-правова база, фінансові обмеження).

На підставі аналізу запропоновано практичні рекомендації для адаптації досвіду NRW до регіональних умов: кластеризація громад, упровадження EPR і Pfandsystem, створення мережі МБО- і компостувальних комплексів, розширення системи роздільного збирання, удосконалення тарифної політики та цифровізація управлінських процесів. Особлива увага приділена інтеграції інституційних, технологічних та економічних інструментів, що уможливорює підвищення рівня екологічної й техногенної безпеки, скорочення ризиків для довкілля й населення та формування умов для розвитку циркулярної економіки в регіоні.

Ключові слова: тверді побутові відходи, система управління відходами, екологічна безпека, Хмельницька область, Північний Рейн-Вестфалія, SWOT-аналіз, розширена відповідальність виробника, депозитна система.

IMPROVEMENT OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM IN THE KHMELNYTSKYI REGION AS A FACTOR OF ENVIRONMENTAL SAFETY, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF NORTH RHINE-WESTPHALIA (GERMANY)

O. O. Yefremova, N. G. Mironova, A. O. Dyachuk, O. P. Mateyuk, S. M. Shevchenko

The article examines the current state of the solid waste management system in the Khmelnytskyi region and provides a comparative analysis with practices in North Rhine-Westphalia (NRW), Germany. It has been determined that the dominance of waste disposal, low recycling rates, fragmented infrastructure, and limited funding create complex environmental and technogenic risks, necessitating systematic modernization. Based on statistical data and regional reports, key problems have been identified: landfill overload, lack of effective degassing and composting, low coverage of the population by separate collection practices, tariff imbalances, and a weak social component of environmental culture.

European experience, in particular the waste management model in NRW, has demonstrated the effectiveness of combining institutional instruments (Federal Framework “Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen”, KrWG; extended producer responsibility, EPR; deposit system, Pfandsystem), techno-ecological infrastructure (mechanical-biological treatment, biogas plants, RDF, composting) and transparent monitoring (LANUV). This ensures a high level of recycling (>65%) and minimizes landfilling (<5%).

The article presents a SWOT analysis of the regional solid waste management system in the Khmelnytskyi region, which revealed both institutional prerequisites for development (strategic documents, active communities) and significant barriers (worn-out infrastructure, insufficient regulatory framework, financial constraints).

Based on the analysis, practical recommendations are proposed for adapting the NRW experience to regional conditions: clustering of communities, introduction of EPR and Pfandsystem, creation of a network of MBO and composting complexes, expansion of the separate collection system, improvement of tariff policy, and digitization of management processes. Particular attention is paid to the integration of institutional, technological, and economic instruments, which makes it possible to increase the level of environmental and technogenic safety, reduce risks to the environment and the population, and create conditions for the development of a circular economy in the region.

Key words: solid waste, waste management system, environmental safety, Khmelnytskyi region, North Rhine-Westphalia, SWOT analysis, extended producer responsibility, deposit system.

Вступ

Управління твердими побутовими відходами (далі – ТПВ) в Україні необхідно розглядати в площині питань екологічної та техногенної безпеки, оскільки значні обсяги утворення ТПВ, низький показник їх відновлення й переважання захоронення формують комплексні ризики для довкілля та здоров'я населення (Municipal..., 2015). Це зумовлено збільшенням щорічного обсягу їх утворення, низьким ступенем відновлення й екологічною небезпекою експлуатації полігонів і сміттєзвалищ. Така ситуація формує високі ризики забруднення довкілля, загострення санітарно-епідеміологічної ситуації та виникнення техногенних загроз, що потребує системних управлінських і технологічних рішень відповідно до сучасних європейських стандартів у сфері управління відходами. Це також актуалізує запит на технологічну модернізацію, інституційні зміни й узгодження з європейськими вимогами; водночас імплементація ієрархії поводження з відходами, інструментів розширеної відповідальності виробника, депозитних систем потребують адаптації до регіональних умов.

Постановка проблеми. Щорічно у Хмельницькій області утворюється в середньому близько 380 тис. тонн ТПВ, основна частка яких підлягає захороненню (Звіт..., 2020; Регіональний..., 2021). Інфраструктура для роздільного збирання залишається недостатньою, що підтверджується низьким рівнем охоплення населення первинним сортуванням і суттєвими втратами вторинної сировини. Водночас стан полігонів і сміттєзвалищ, куди видаляються основні обсяги відходів, є незадовільним і зумовлює формування в регіоні системних екологічних і техногенних ризиків і загроз: емісія метану в складі звалищного газу, що, у свою чергу, створює пожежну небезпеку; забруднення підземних і поверхневих вод фільтратом; накопичення токсичних речовин у ґрунті й біоті; значні площі об'єктів захоронення ТПВ, відповідно, і широка зона екологічного впливу (746 полігонів/сміттєзвалищ, 565,19 га) (Регіональний..., 2021). Таким чином, проблема управління відходами в Хмельницькій області має комплексний характер: одночасно погіршується екологічний стан (якість повітря та підземних вод, природних ландшафтів), зростають техногенні загрози (пожежі/вибухи зва-

лищного газу), втрачається економічний потенціал вторинних ресурсів. Вирішення цієї проблеми прямо пов'язано з важливими науковими та практичними завданнями формування ефективної моделі регіональної системи управління відходами, що забезпечує екологічну й техногенну безпеку, а також інтегрує європейські інструменти й сталі рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативно-правові засади реформи в Україні у сфері управління відходами окреслено в Законі України «Про управління відходами» (Про управління..., 2023) та Національній стратегії управління відходами до 2030 року (Про схвалення..., 2017). На рівні області розроблено проєкт Регіонального плану управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року (Регіональний..., 2021), що визначає вектори розвитку системи управління відходами.

Сьогодні вагома частка іноземних публікацій присвячена технологіям і методам контролю у сфері управління відходами, ризик-менеджменту (Hariyani et al., 2025), де автори систематизують сучасні підходи до відновлення відходів, приділяючи особливу увагу питанням техногенної безпеки полігонів та іншим складовим системи управління відходами. Важливий акцент робиться на оцінку життєвого циклу й ризики для довкілля (Khan et al., 2025), а також на впровадження нових технологій і сучасних рішень (Drozdowski et al., 2023).

Вітчизняні вчені активно досліджують ці питання, зокрема здійснено аналіз просторово-часових закономірностей формування ТПВ у регіонах України (Приходько і Сафранов, 2025), оцінено екологічні ризики від функціонування полігонів ТПВ (Корбут та ін., 2024), розроблено багатокритеріальний експертно-аналітичний апарат для оцінювання екологічних небезпек кожного з етапів поводження з ТПВ (Honcharenko et al., 2020a; Honcharenko et al., 2020b). Проаналізовано технології обробки відходів: пироліз, механіко-біологічна обробка (МБО), RDF/біогаз з оцінкою потенціалу зниження екологічних ризиків, а також бар'єри впровадження (вартість, відсутність інфраструктури, регулювання) і можливі шляхи стимулювання інвестицій (Сатін та ін., 2022; Луців і Капраль, 2024). Автори (Височанська і Мішенін, 2024) проаналізували досвід європейських країн

(Польщі, Німеччини, Швеції), зокрема розглянуто загальні підходи щодо організації системи управління відходами. Водночас залишаються актуальними питання впровадження ефективних європейських інструментів і технологій у сфері управління ТПВ, зокрема на регіональному рівні, для зменшення екологічних ризиків і підвищення економічного потенціалу територій.

Метою статті є обґрунтування вдосконалення системи управління ТПВ у Хмельницькій області з урахуванням досвіду Північного Рейну-Вестфалії (Німеччина) для підвищення рівня екологічної безпеки Хмельницького регіону.

Для досягнення мети визначено такі завдання: проаналізувати поточний стан та ідентифікувати інфраструктурні, фінансові й соціальні бар'єри для формування ефективної системи управління ТПВ у Хмельницькій області; узагальнити релевантні практики Північного Рейну-Вестфалії; виконати SWOT-аналіз та обґрунтувати імплементацію цих практик у систему управління ТПВ в Хмельницькій області з урахуванням регіональних обмежень.

Матеріал і методи

У дослідженні використано матеріали Департаменту природних ресурсів та екології Хмельницької обласної державної адміністрації, Державної служби статистики України, регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища у Хмельницькій області (2020–2024 рр.), а також проєкту Регіонального плану управління відходами до 2030 року.

Нормативно-правову основу становили Закони України «Про управління відходами», «Про охорону навколишнього природного середовища», а також положення Директив ЄС 2008/98/ЄС і федерального закону Німеччини «Про сприяння циркулярній економіці та забезпечення екологічно сумісного поводження з відходами» (скорочено «Про циркулярну економіку»), Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Для порівняння використано аналітичні звіти Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) та матеріали OECD.

Для досягнення мети дослідження застосовано такі методи: аналіз, синтез, порівняльно-аналітичний, систематизації та узагальнення. За допомогою SWOT-

аналізу виявлено сильні та слабкі сторони, можливості й загрози розвитку регіональної системи управління ТПВ.

Методика дослідження ґрунтувалася на комплексному використанні статистичних та аналітичних матеріалів для оцінювання поточного стану управління відходами, визначення рівня інфраструктурного забезпечення, а також зіставлення української практики з моделлю землі Північний Рейн-Вестфалія.

Як референтну модель обрано землю Північний Рейн-Вестфалія, оскільки вона має ефективно організовану й технологічно розвинену систему управління відходами, оснований на принципах циркулярної економіки, регіональної самодостатності й сталого розвитку, а також має спільномірний адміністративний рівень і високу частку органічної фракції в потоці ТПВ, що робить її методологічно сумірною й практично релевантною для Хмельниччини.

Результати та їх обговорення

Відходи комунального сектору становлять значну частку в структурі загального обсягу відходів, що генеруються на території Хмельницької області. Відповідно до даних (Стан ..., 2025), упродовж останніх п'яти років питома вага ТПВ коливалася в межах від 30% (у 2022 році) до 70% (у 2020 році), демонструючи чітку тенденцію вагомого внеску ТПВ у формування регіонального балансу відходів. Зменшення в структурі відходів частки ТПВ пояснюється суттєвим збільшенням загального обсягу відходів за рахунок інших видів, насамперед промислових, агропромислових і рослинного походження. Водночас також можна констатувати й зростання обсягів ТПВ, адже щорічне їх утворення однією особою збільшилося майже втричі порівняно з 2020 роком і у 2024 році становило 0,87 т.

Основним способом оброблення відходів у Хмельницькій області на сучасному етапі залишається їх видалення, передусім шляхом захоронення на полігонах і сміттєзвалищах. Згідно з Регіональною доповіддю про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області у 2024 році, захороненню підлягає близько 99,9% ТПВ. Місця видалення відходів в області часто експлуатуються понаднормово, з порушенням технологічних регламентів і за відсутності проєктної документації; без виконання геологічних і гідрогеологічних вишукувань, інженерних, екологічних

і санітарно-гігієнічних досліджень. Понад 40% наявних полігонів не відповідають екологічним вимогам, значна їх частка вичерпує свій ресурс (наприклад, полігон м. Хмельницького заповнений на 90%); для більшості полігонів області не вирішеним залишається питання збору й очистки фільтрату (за винятком полігону м. Хмельницького), не здійснюється моніторинг їх впливу на підземні водоносні горизонти (Стан ..., 2025).

Тверді побутові відходи області містять значну кількість вторинних матеріальних ресурсів. Морфологічна структура ТПВ, що генерується жителями міст Хмельницького, Старокостянтинова та Славути (міста Хмельницької області, де проведені роботи з визначення морфологічного складу побутових відходів), демонструє їх значний ресурсний потенціал: органічні відходи (відходи, що біологічно розкладаються) становлять близько 30,8–47,0%, ресурсоцінні компоненти ТПВ – 20,9–43,8 %, а саме: скло – 3,0–14,2 %, папір і картон – 9,6–18,0%, пластик і ПЕТ-пляшки – 7,2–10,4%, метали – 1,1–1,2% (Регіональний ..., 2021). Таким чином, близько 76–166 тис. тонн відходів, що утворюються в регіоні щорічно, являють собою матеріали з високим потенціалом для переробки та повторного використання. Переробка таких матеріалів могла б забезпечити зменшення потреби в первинних (необроблених) матеріалах, зниження навантаження на полігони і зменшення забруднення довкілля, економічну вигоду для підприємств, що займаються збором, сортуванням і переробкою, а також сприяти формуванню циркулярної економіки на рівні області. Водночас реальне відновлення відходів є мінімальним, оскільки переважає їх захоронення.

Розглядаючи інфраструктурну спроможність системи управління відходами в Хмельницькій області, зауважимо, що саме вона визначає, наскільки теоретичний потенціал переробки перетворюється на реальний результат. Усього в області послугу зі збирання та вивезення ТПВ отримують 78,0% населення й лише 7,5% населення області охоплені послугою роздільного збору відходів (сортування відходів на місці їх збору); для цього задіяно близько 10% від загальної кількості контейнерів; у сільських громадах часто спостерігається повна відсутність контейнерних майданчиків (контейнерів), що

закономірно провокує появу стихійних звалищ. Додатковим обмеженням є незадовільний стан спеціалізованої техніки, нині автопарк має ступінь фізичного зносу близько 60%, що погіршує регулярність і якість надання послуг з вивезення ТПВ (Регіональний ..., 2021).

Фінансові показники галузі також свідчать про дисбаланс у тарифній політиці, адже він ураховує переважно операції з вивезення й захоронення ТПВ, що не сприяє інвестиціям у сортування та відновлення, відповідно, не стимулює циркулярні рішення. Нормативно-правові акти виконавчих органів місцевого самоврядування часто спрямовані на регулювання питань соціальної доступності тарифів, що зумовлює існування низьких тарифних ставок у громадах (25–35 грн на особу), але при цьому вони не корелюють із реальними витратами, не містять достатньої інвестиційної складової й не стимулюють модернізацію. Нині в територіальних громадах Хмельницької області тарифна політика залишається неоднорідною, з помітною варіативністю в рівнях платежів, механізмах розрахунку та способах формування витрат.

Соціальний вимір проблеми відображає низьку екологічну культуру населення: попри задекларовану в більш ніж 40% респондентів готовність підтримувати практики сортування, фактична участь залишається вкрай обмеженою через недовіру до результатів сортування, незручність інфраструктури та недостатню інформаційну підтримку з боку органів влади й операторів послуг (Андрейшина, 2021).

Таким чином, наявні дисбаланси – від морфологічно зумовленого потенціалу переробки до інфраструктурних, фінансових і соціальних обмежень – взаємно підсилюють одне одного, що й зумовлює необхідність комплексних перетворень у системі управління відходами Хмельницької області.

Європейський досвід поводження з відходами, зокрема практика землі Північний Рейн-Вестфалія, демонструє цілісну модель, що включає інституційно-правові механізми, технологічні рішення й прозорий моніторинг. На федеральному рівні рамковий закон «Про сприяння циркулярній економіці та забезпечення екологічно безпечного управління відходами» (Про циркулярну економіку) *Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)* (*Kreislaufwirtschaftsgesetz...*, 2012)

закріплює ієрархію управління відходами – від запобігання і їх повторного використання до переробки, енергетичного відновлення та, як останньої опції, захоронення. У межах цієї рамки діють економічні інструменти, ключовими серед яких є розширена відповідальність виробника (EPR) і депозитна система (Pfandsystem) для тари. Саме вони забезпечують фінансування збирання й відновлення відходів, а також стимулюють масове повернення багатооборотної й одноразової тари. На території NRW імплементація KrWG доповнюється настановами та методичною підтримкою з боку Державного управління з питань природи, довкілля та захисту прав споживачів землі Північний Рейн-Вестфалія (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, LANUV) разом із регулярними технічними звітами, інспектуванням об'єктів і веденням уніфікованих масивів даних, що дає змогу здійснювати порівняльний аналіз муніципалітетів і коригувати політику на основі доказів (LANUV NRW..., 2021).

Технологічна конфігурація регіону відповідає цим інституційним рамкам і забезпечує перетворення нормативних цілей на вимірюваний результат. Отже, на першому побутовому рівні функціонує стандартизована система роздільного збору основних фракцій (папір/картон, упаковка з пластику/металу, біовідходи, скло, залишкової), що формує «чисті» потоки на етапі їх утворення. Система PAYT (Pay-As-You-Throw, «плати за послугу») забезпечує економічне стимулювання сортування відходів. У межах цієї системи тарифи на послуги з управління відходами диференціюються залежно від обсягу (м³, кількість контейнерів) або маси (кг, т) фактично зібраних відходів. Тобто кінцевий споживач сплачує не фіксовану ставку, а вартість, пропорційну його внеску в загальний потік відходів, що має стимулювальний ефект для зменшення кількості змішаних відходів.

Далі працює ланцюг високотехнологічних сортувальних ліній і комплексів МБО з оптичною сепарацією, магнітними відокремлювачами, анаеробним зброджуванням і компостуванням; залишки спрямовуються на виробництво RDF для енергетичного відновлення.

Операційна модель спирається на державно-приватне партнерство: концесійні договори та прозорі правила тарифування

рення, що дає змогу залучати інвестиції й підвищувати довіру споживачів. У ширшому європейському контексті таке поєднання інституційної та технологічної складових відповідає практикам, узагальненим Організацією економічного співробітництва та розвитку (OECD) (OECD..., 2019).

Результативність інтегрованої моделі віддзеркалюється в стабільно високих показниках, зокрема рівень відновлення відходів на землях NRW перевищує 65%, тоді як частка захоронення становить менше ніж 5%. Суттєвий внесок у ці результати забезпечує Pfandsystem, що підтримує повернення понад 90% пляшок і банок і зменшує навантаження на змішаний потік ТПВ, а також EPR, що фінансує цикл «збір → сортування → переробка» (OECD..., 2019). У підсумку саме зв'язок інституційних (KrWG, EPR, Pfandsystem), технологічних (МБО, біогаз, RDF) та аналітико-наглядових (LANUV) рішень формує ефективну модель, елементи якої доцільно адаптувати до регіональних умов як України, так і Хмельницької області.

Порівняння ключових індикаторів NRW та Хмельницької області вказує на суттєвий розрив між наявним станом системи в Хмельницькій області та практиками землі Північний Рейн-Вестфалія. Показник переробки ТПВ у регіоні становить 0,01%, тоді як у NRW він стабільно перевищує 65%. Отже, різниця сягає приблизно стократного рівня й безпосередньо відображає ефективність інституційно-технічної системи «EPR/Pfandsystem → роздільний збір → МБО/переробка» у німецькій моделі.

Охоплення первинним сортуванням і роздільним збиранням населення Хмельницької області оцінюється на рівні близько 7,5%, тоді як в NRW цей показник становить 80–85%, що формує «чистіші» матеріальні потоки на вході до сортувальних ліній і зменшує питомі втрати на етапі МБО (LANUV NRW..., 2021).

Найбільш контрастним залишається індикатор захоронення: близько 99,9% ТПВ у Хмельницькій області потрапляє на полігони та сміттєзвалища проти орієнтовно 5% у NRW, де захоронення фактично виконує роль «резервуара для залишків» після переробки й енергетичного використання.

Німецька модель системи управління ТПВ забезпечує фінансування, мотивацію домогосподарств і бізнесу та передбачува-

ність інвестиційних циклів. У Хмельницькій області за відсутності діючих механізмів EPR/Pfandsystem, щільної мережі контейнерів для роздільного збирання відходів основний тягар лягає на полігони, чим і пояснюється висока частка захоронення відходів і низька ефективність вилучення ресурсів.

Техніко-технологічний зріз також демонструє системні відмінності, зокрема інфраструктура для формування системи управління відходами в Хмельницькій області є фрагментарною: спостерігається відсутність потужностей комплексної МБО, дефіцит систем дегазації полігонів і компостувальних потужностей для біофракції, тоді як у NRW функціонує розвинена мережа МБО-комплексів, біогазових установок і виробництв RDF, що реалізується муніципально-приватними операторами та підкріплюється прозорими тарифними підходами. У підсумку німецька модель забезпечує високий вихід придатних до переробки фракцій і мінімізує «хвіст» захоронення, тоді як у Хмельницькій області значна частка потенційно корисних матеріалів розсіюється в змішаному потоці й утрачає товарні властивості.

Нарешті, порівняльні наслідки відображаються в екологічних та економічних ефектах. Для Хмельницької області поєднання низької переробки, високого ступеня захоронення та недостатньої дегазації означає підвищені викиди звалищного газу, ризики пожеж/самозаймання й недоотримані доходи від вторсировини; для NRW – навпаки, зменшення екологічних ризиків і стабільні матеріальні й енергетичні потоки, що знижують питомі витрати системи. Порівняльний аналіз систем наведено в таблиці 1.

Таким чином, можна констатувати, що Хмельницька область має інфраструктурні й інституційні вузькі місця – це низький ступінь відновлення відходів, високий

показник видалення/захоронення, зношений транспорт, дефіцит МБО/компостування, слабка дегазація. Водночас існують передумови для прогресу, а саме: розроблено проєкт Регіонального плану управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року, в області наявні активні громади та євроінтеграційні «вікна можливостей» (EPR, Pfandsystem, гранти ЄС/МФО тощо).

Для систематизації сильних і слабких сторін регіональної системи управління відходами Хмельницької області, виявлення можливостей і загроз для подальшої пріоритизації інвестиційних та управлінських рішень проведено SWOT-аналіз, результати якого наведено в таблиці 2.

Сильні сторони. В області розроблено проєкт «Регіональний план управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року», що задає стратегічні орієнтири, систему цілей і базові індикатори моніторингу. Окремі територіальні громади демонструють проактивну позицію, розширюючи наявну мережу контейнерів і пілотні ініціативи щодо сортування й роздільного збирання відходів. Така інституційна «рамка» створює передумови для координації дій між органами місцевого самоврядування, операторами та громадськістю, а також полегшує подальшу інтеграцію зовнішнього фінансування й технічної допомоги (Drozdowski et al., 2023).

Слабкі сторони. Відсутність національної нормативно-правової бази для впровадження механізмів EPR і Pfandsystem є значущою перешкодою для розвитку системи управління відходами у Хмельницькій області. Без чітко визначених законодавчих норм відповідальність виробників за збір, сортування й обробку відходів на вторинні ресурси залишається формальною або добровільною. Це обмежує мотивацію бізнесу інвестувати у відповідні технології та логістичні рішення. Ключовим

Таблиця 1

Порівняльний аналіз: Хмельницька область ↔ NRW, %

Показник	Хмельницька область	NRW
Частка переробки ТПВ	~0,01	>65
Охоплення первинним сортуванням	~7,5	80–85
Частка захоронення	~99,9	<5 %
Інфраструктура	Фрагментарна, дефіцит МБО, компостування, дегазації	Розвинена мережа МБО, біогазові установки, RDF

Таблиця 2

SWOT-аналіз регіональної системи управління відходами в Хмельницькій області

Сильні сторони	Слабкі сторони
• Наявність базової інфраструктури. • Розроблено проект Регіонального плану управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року. • Активні територіальні громади (локальні ініціативи, пілоти щодо сортування/роздільного збору відходів тощо).	• Відсутність нормативно-правової бази для EPR і Pfandsystem на національному рівні. • Фінансові обмеження. • Низький рівень відновлення відходів, домінування захоронення. • Значна зношеність інфраструктури (контейнери, спецавтотранспорт, місця видалення відходів) і технічна відсталість (відсутність/дефіцит дегазації, компостування, МБО, виробництва RDF).
Можливості	Загрози
• Упровадження механізмів EPR, Pfandsystem після прийняття відповідних профільних законів. • Кластеризація громад для спільної інфраструктури (МБО, компостування). • Гранти ЄС і МФО, державно-приватні партнерства, цільові інвестиції в переробку. • Будівництво/модернізація МБО й компостувальних станцій. • Адаптація досвіду землі Північної Рейн-Вестфалії й інших земель Німеччини та країн ЄС	• Зростання екологічних ризиків (викиди звалищного газу, забруднення вод/повітря/грунту). • Соціальне напруження. • Фінансові втрати через недоотриману вартість втор сировини. • Інвестиційні втрати (утрачені грантові можливості тощо).

обмеженням також є низький рівень переробки за одночасно високої частки захоронення ТПВ, що зумовлено фрагментарністю інфраструктури: зношеним автопарком, дефіцитом сортувальних/МБО-потужностей і компостування, відсутністю або недостатньою ефективністю дегазації на більшості полігонів. Тарифна модель не містить достатньої інвестиційної складової, через що оновлення інфраструктури відкладається, а операційна надійність системи знижується (збої в логістиці, перевантаження полігонів).

Можливості. Євроінтеграційний вектор відкриває доступ до відпрацьованих та апробованих інструментів EPR і Pfandsystem, що дадуть змогу зменшити навантаження на місцеві бюджети та спрямувати кошти виробників, для яких національним законодавством буде визначена розширена відповідальність. Консолідація громад у кластерні моделі дає змогу досягти економії для МБО-комплексів і компостувальних станцій, а також ефективніше планувати логістику. Додаткові канали – гранти ЄС, механізми державно-приватного партнерства, «зелені» фінансові інструменти – можуть прискорити модернізацію й запустити технологічні апгрейди, синхронізовані з європейськими вимогами якості вторин-

ної сировини.

Загрози. Збереження інерційної моделі може посилити екологічні ризики, формує соціальне напруження через погіршення сервісу й відсутність видимого прогресу та призводить до інвестиційних утрат: утрачаються можливості залучити грантові й пільгові ресурси, а також доходи від вторинної сировини. У підсумку зростає ймовірність локальних криз (перевантаження полігонів, стихійні звалища) з відповідними бюджетними витратами на ліквідацію наслідків.

Отже, за результатами проведеного SWOT-аналізу можна прогнозувати такі сценарії розвитку системи управління ТПВ Хмельницької області – від інерційного збереження статус-кво до повномасштабної євроінтеграції з техноекологічною модернізацією, відповідними орієнтовними KPI (показниками ефективності), ризиками й інструментами впровадження EPR, Pfandsystem, МБО, компостування, дегазації полігонів, гармонізацією показників із практиками NRW.

У розрізі екологічної та техногенної безпеки, а також довгострокової економіки цільовим для Хмельницької області є сценарій «європейської інтеграції» з можливим переходом до оптимістичної траєкторії за умов доступу до пільгового фінансування

й проектної готовності. Саме поєднання EPR/Pfandsystem з МБЛ/компостуванням і дегазацією формує сталу основу системи, яка довела ефективність у NRW, забезпечить швидке зниження обсягів захоронення, викидів метану й бюджетних утрат у Хмельницькій області.

З огляду на висновки SWOT-аналізу й опрацьованих сценаріїв розвитку, розроблено практичні рекомендації щодо поетапної адаптації моделі NRW до умов Хмельницької області за напрямками.

Нормативи й управління:

- затвердження Регіонального плану управління відходами у Хмельницькій області та місцевих планів управління відходами, що дасть стратегічний орієнтир побудови й розвитку системи управління відходами в громадах та області загалом;

- підготовка до EPR і Pfandsystem: створити регіональний координаційний офіс (угоди з операторами EPR, маршрутизація потоків пакування, пілоти з депозитної тари);

- кластеризація громад: міжмуніципальні угоди на спільні об'єкти (МБЛ/компостування), спільні закупівлі й логістика;

- KPI-управління: щоквартальні звіти громад (охоплення сортуванням, переробка тощо), публічний дашборд.

Інфраструктура:

- опорні МБО-хаби (2–3) із лініями оптичного сортування й відбору RDF; компостувальні/анаеробні станції для біофракції (мінімум 1 на кластер);

- розширення контейнерної мережі для роздільного збирання відходів;

- дегазація полігонів, вузли збору фільтрату, вагові комплекси;

- цифровізація: RFID-контейнери для обліку відходів (дають змогу автоматично відстежувати їх місцезнаходження, рух і стан без прямого контакту або візуального сканування), GPS-маршрути, онлайн-заявки на великовагові відходи (за зразком муніципалітетів NRW).

Економіка:

- перегляд тарифів з інвестиційною складовою та індексацією; пілоти PAYT («плати за послугу» за обсяг/вагу);

- цільове спрямування коштів EPR на інфраструктуру збору/сортування; комбінування з грантами ЄС; пакетні проектні документи для МБО/компостування;

- фінансові стимули: знижки для домогосподарств з високим рівнем сортування;

штрафи за забруднення фракцій (стандарту якості вторинної сировини).

Комунікація та робота з населенням:

- просвітницькі кампанії (заклади освіти, ОСББ, територіальні громади): сценарії сортування «step-by-step», тури на об'єкти, гаряча лінія;

- прозорість даних: публічний лічильник переробки, карта контейнерів, кабінет споживача (рахунок, історія вивезення тощо).

Контроль та інспектування (за зразком LANUV NRW):

- річні плани інспектування полігонів/ліній; аудит дегазації, фільтрату, температурних полів;

- єдиний реєстр даних (аналог GISA): квартальні звіти громад, автоматичний збір показників з об'єктів; публічні витяги для громадян.

Таким чином, рекомендації включають складові «пакету» NRW, що можуть бути зреалізовані в умовах Хмельницької області: поєднання інституційних інструментів (KrWG-логіка, EPR, Pfandsystem), техноекологічної інфраструктури (МБО/компостування/біогаз, дегазація полігонів) і прозорого моніторингу.

Висновки

Дослідження підтвердило системний характер проблеми управління побутовими відходами в Хмельницькій області та її прямий зв'язок із показниками екологічної й техногенної безпеки регіону. Поточна конфігурація – високі обсяги утворення, низький рівень переробки, домінування захоронення, значні втрати вторсировини, підвищені ризики звалищного газу – формує сукупність екологічних, соціальних та економічних викликів.

Порівняльний аналіз із практиками землі Північний Рейн-Вестфалія виявив суттєві відмінності в інституційних, технологічних і фінансових параметрах функціонування системи й засвідчив, що поєднання інституційних інструментів (ієрархія KrWG, EPR, Pfandsystem), техноекологічної інфраструктури (МБЛ/компостування/біогаз, RDF, дегазація полігонів) та прозорого моніторингу/інспектування (LANUV, єдині масиви даних) забезпечує переробку >65% і захоронення <5%, тобто якісно інший рівень безпеки й ефективності.

SWOT-аналіз показав, що Хмельницька область має інституційні передумови, проте обмежена фрагментарною інфраструктурою, зношеним транспортом

і дефіцитом інвестицій. Сценарне бачення підтвердило пріоритетність траєкторії «європейської інтеграції»: упровадження EPR і Pfandsystem, будівництво кластерних МБО- та компостувальних потужностей, дегазація полігонів, розширення мережі роздільного збору й цифровий моніторинг здатні підвищити переробку ТПВ, зменшити захоронення, скоротити викиди метану й істотно знизити бюджетні й соціальні ризики. Запропонований пакет практичних рішень (нормативно-управлінські, інфраструктурні, економічні, комунікаційні заходи) утворює цілісну «дорожню карту» на 2025–2035 рр., синхронізовану з європейськими орієнтирами та національною правовою базою.

Перспективи подальших досліджень доцільно окреслити як розвиток узагаль-

неного методичного інструментарію: удосконалення кількісних моделей утворення й оброблення відходів і побудова прогнозів з урахуванням невизначеності; комплексні економічні оцінки сценаріїв із порівнянням витрат, вигод і соціальних ефектів; вивчення поведінкових чинників участі населення та їхнього впливу на результативність системи; застосування просторово-аналітичних підходів для планування інфраструктури та пріоритизації заходів безпеки; створення єдиної системи даних із прозорими стандартами обліку, моніторингу й аудиту; оцінювання екологічного впливу реформ на якість повітря й води та потенціалу кліматичної користі; а також напрацювання правових та інституційних механізмів координації між громадами й залучення інвестицій.

Список використаної літератури

Андрейшина Н. Скільки українців готові сортувати сміття? *Active Group*. 15.11.2021. [Електронний ресурс]. URL: <https://activegroup.com.ua/2021/11/15/skilki-ukraynciv-gotovi-sortuvati-smittya/> (дата звернення: 05.07.2025).

Височанська М., Мішенін Є. Системи управління твердими побутовими відходами України з урахуванням європейського досвіду. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 38–43. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299932>.

Звіт про стратегічну екологічну оцінку Регіонального плану управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року. [Електронний ресурс]. URL: https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/Звіт-СЕО-Рег-план-Хмельницька.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 03.07.2025).

Корбут М., Сафранов Т., Мальований М. Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2024. Т. 337. № 3 (2). С. 187–196. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-28>.

Луців Н.Г., Капраль А.Р. Впровадження інноваційних технологій переробки твердих побутових відходів в Україні. *Ефективна економіка*. 2024. № 12. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.12.64>.

Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 03.07.2025).

Приходько В.Ю., Сафранов Т.А. Дослідження просторово-часових особливостей утворення твердих побутових відходів в регіонах України. *Екологічна безпека та природокористування*. 2025. Вип. 1(53). С. 69–81. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.1.69-81>.

Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2023. № 17. Ст. 75. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802> (дата звернення: 03.07.2025).

Регіональний план управління відходами у Хмельницькій області до 2030 року : проєкт фінального варіанта / Хмельницька обласна рада. Хмельницький, 2021. 400 с. [Електронний ресурс]. URL: <https://km-oblrada.gov.ua/wp-content/uploads/2021/07/regionalnyj-plan.pdf> (дата звернення: 03.07.2025).

Сатін І., Романова Т., Панченко О. Огляд технологій збирання, перевезення, відновлення та видалення твердих побутових відходів. *Екологічна безпека та природокористування*. 2022. Вип. 44. № 4. С. 53–71. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.4.53-71>.

Стан навколишнього природного середовища Хмельницької області у 2024 році : регіональна доповідь / Хмельницька облдержадміністрація, Департамент природ-

них ресурсів та екології. Хмельницький, серпень 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2025/08/Регіональна-доповідь-Стан-навколишнього-природного-середовища-Хмельницької-області-у-2024-пдф.pdf> (дата звернення: 06.07.2025).

Drozdowski J., Labiak P., Czekala W. Modern technologies for waste management: a review. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. № 15. [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/372775647_Modern_Technologies_for_Waste_Management_A_Review (дата звернення 04.07.2025).

Honcharenko I., Anishchenko L., Pisia L. Development of priority measures (solutions) for the environmentally safe management of municipal waste at the community level. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020a. Vol. 2. № 3(52). P. 17–25. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.203687>.

Honcharenko I., Anishchenko L., Pisia L. Expert-analytical assessment of environmental safety of solid household waste management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020b. № 1(103). P. 63–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.197007>.

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) : Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. Berlin : Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2012. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html> (дата звернення: 27.05.2025).

LANUV NRW. Fachbericht 158 : Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf : LANUV NRW, 2021. [Електронний ресурс]. URL: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/LANUV-Fachbericht_158.pdf (дата звернення: 27.05.2025).

Municipal Solid Waste in Ukraine: Development Potential. IFC, World Bank Group, 2015. 100 p. [Електронний ресурс]. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/839801556599035128/pdf/Municipal-Solid-Waste-in-Ukraine-Development-Potential.pdf> (дата звернення: 02.07.2025).

OECD. Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries: Evidence from Environmental Performance Reviews, OECD Environmental Performance Reviews. Paris : OECD Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1787/9789264309395-en>.

Khan I., Haq F., Kiran Mehwish, Aziz T. Circular economy and waste management: transforming waste into resources for a sustainable future. *International journal of Environmental Science and Technology*. 2025. № 22(16). <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06750-5>.

Hariyani D., Hariyani P., Mishra S., Sharma M.K. A literature review on waste management treatment and control techniques. *Sustain. Futur*. 2025. № 9. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100728>.

References

Andreishyna, N. (2021, November 15). Skilky ukraintsiv hotovi sortuvaty smittia? [How many Ukrainians are ready to sort garbage?]. *Active Group*. [Electronic resource] URL: <https://activegroup.com.ua/2021/11/15/skilki-ukraynciv-gotovi-sortuvati-smittya/> (access date 05.07.2025) [in Ukrainian].

Vysochanska, M., Mishenin, Ye. (2024). Systemy upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy Ukrainy z urakhuvanniam yevropeiskoho dosvidu [Solid waste management systems of Ukraine considering European experience]. *Ahroekologichnyi zhurnal [Agroecological Journal]*, 1, 38–43. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299932> [in Ukrainian].

Khmelnyskyi Regional State Administration (2020). Zvit pro stratehichnu ekolohichnu otsinku Rehionalnoho planu upravlinnia vidkhodamy u Khmelnytskii oblasti do 2030 roku [Report on the strategic environmental assessment of the Regional Waste Management Plan in Khmelnytskyi region until 2030]. [Electronic resource] URL: https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/Звіт-CEO-Рег-план-Хмельницька.pdf?utm_source=chatgpt.com (access date 03.07.2025) [in Ukrainian].

Korbut, M., Safranov, T., Malovanyi, M. (2024). Metodychni pidkhody do otsinky ekolohichnykh ryzykiv vid polihoniv tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Methodical approaches to the assessment of environmental risks from municipal solid waste landfills]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 337 (3(2)), 187–196. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-28> [in Ukrainian].

Lutsiv, N.H., Kapral, A.R. (2024). Vprovadzhennia innovatsiinykh tekhnolohii pererobky TPV v Ukraini [Implementation of innovative technologies for MSW processing in Ukraine]. *Elektronnyy zhurnal "Efektyvna ekonomika"* [Electronic magazine "Effective Economy"], 12. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.12.64> [in Ukrainian].

Kabinet Ministriv Ukrainy (2017, November 8). Pro skhvalennja Nacionaljnoji strateghiji upravlinnja vidkhodamy v Ukrajinu do 2030 roku: Rozporiadzhennia № 820-r (stanom na 17 veresnia 2020 r.) [On the Approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030: Order № 820-r (as of September 17, 2020)]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (access date 03.07.2025) [in Ukrainian].

Prykhodko, V.Yu., Safranov, T.A. (2025). Doslidzhennia prostorovo-chasovykh osoblyvostei utvorennia tverdykh pobutovykh vidkhodiv v rehionakh Ukrainy [Study of spatio-temporal features of municipal solid waste generation in the regions of Ukraine]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia* [Environmental safety and environmental management], 1 (53), 69–81. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.1.69-81> [in Ukrainian].

Zakon Ukrainy "Pro upravlinnia vidkhodamy" vid 20 chervnia 2022 r. № 2320-IX. [Law of Ukraine "On waste management" activity no. 2320-IX] (2022, June 20). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. 2023. № 17. St. 75. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802> (access date 03.07.2025) [in Ukrainian].

Khmelnitskyi Regional Council (2021, July). *Rehionalnyi plan upravlinnia vidkhodamy u Khmelnytskii oblasti do 2030 roku: projekt finalnoho variantu* [Regional waste management plan in Khmelnytskyi region until 2030: Final draft]. Khmelnytskyi. [Electronic resource] URL: <https://km-oblrada.gov.ua/wp-content/uploads/2021/07/regionalnyj-plan.pdf> (access date 03.07.2025) [in Ukrainian].

Satin, I., Romanova, T., Panchenko, O. (2022). Ohliad tekhnolohii zbyrannia, perevezennia, vidnovlennia ta vydalennia tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Overview of technologies for collection, transportation, recovery, and disposal of municipal solid waste]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia* [Environmental safety and environmental management], 44(4), 53–71. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.4.53-71> [in Ukrainian].

Khmelnitska Oblasna Derzhavna Administratsiia, Departament Pryrodnykh Resursiv ta Ekolohii (2025, August). Stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha Khmelnytskoi oblasti u 2024 rotsi: rehionalna dopovid [State of the Environment of Khmelnytskyi Region in 2024: Regional Report]. Khmelnytskyi: Khmelnytska Oblasna Derzhadministratsiia, Departament Pryrodnykh Resursiv ta Ekolohii. [Electronic resource] URL: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2025/08/Регіональна-доповідь-Стан-навколишнього-природного-середовища-Хмельницької-області-у-2024-рр.pdf> (access date 05.07.2025) [in Ukrainian].

Drozdowski, J., Łabiak, P., Czekala, W. (2023) Modern Technologies for Waste Management: areview. *Applied Sciences*, 13(15). [Electronic resource] URL: https://www.researchgate.net/publication/372775647_Modern_Technologies_for_Waste_Management_A_Review (access date 04.07.2025) [in English].

Honcharenko, I., Anishchenko, L., Pisia, L. (2020a). Development of priority measures (solutions) for the environmentally safe management of municipal waste at the community level. *Technology Audit and Production Reserves*, 2/3(52), 17–25. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.203687> [in English].

Honcharenko, I., Anishchenko, L., Pisia, L. (2020b). Expert-analytical estimation of environmental safety of solid household waste handling processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10(103)), 63–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.197007> [in English].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2012). Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. Berlin. [Electronic resource] URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html> (access date 27.05.2025) [in German].

LANUV NRW (2021). Fachbericht 158: Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: LANUV NRW. [Electronic resource] URL: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/LANUV-Fachbericht_158.pdf (access date 27.05.2025) [in German].

IFC, World Bank Group (2015). *Municipal solid waste in Ukraine: Development potential*. World Bank Group. [Electronic resource] URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/839801556599035128/pdf/Municipal-Solid-Waste-in-Ukraine-Development-Potential.pdf> (access date 02.07.2025) [in English].

OECD (2019). Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries: Evidence from Environmental Performance Reviews, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264309395-en> [in English].

Khan, I., Haq, F., Kiran, Mehwish, Aziz, T. (2025). Circular economy and waste management: transforming waste into resources for a sustainable future. *International journal of Environmental Science and Technology*, 22(16). <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06750-5> [in English].

Hariyani, D., Hariyani, P., Mishra, S., Sharma, M.K. (2025). A literature review on waste management treatment and control techniques. *Sustain. Futur.*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100728> [in English].

Отримано: 27.10.2025

Прийнято: 28.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

