

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

ORIGINAL REVIEW
OPEN ACCESS

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕНАЛЕЖНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

С. С. Душкін¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

УДК 628.4.04:502.3

DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.6

Отримано: 05 липня 2025

Прийнято: 27 листопада 2025

Cite as: Dushkin S. (2025). Analysis of the impact of improper municipal solid waste management on the environment and public health. Technogenic and ecological safety, 18(2/2025), 52–63. doi: 10.52363/2522-1892.2025.2.6

Анотація

Неналежне поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) становить серйозну загрозу як для навколишнього середовища, так і для здоров'я населення, особливо у країнах з недостатньо розвинутою інфраструктурою управління відходами. У статті проаналізовано основні екологічні наслідки неправильного захоронення, спалювання та відкритого скидання ТПВ, зокрема забруднення повітря, води та ґрунту. Наведено шляхи передачі забруднювачів та їхній вплив на людину через харчовий ланцюг, воду, повітря та контакт із ґрунтом.

Особливу увагу приділено аналізу впливу чинників небезпеки, пов'язаної з неналежним поводженням з ТПВ, на вразливі групи населення: дітей, вагітних жінок, працівників полігонів і соціально незахищені верстви. Досліджено захворювання, спричинені забрудненням – респіраторні, онкологічні, інфекційні, серцево-судинні та психосоціальні.

У роботі розглянуто сучасні підходи до управління ТПВ, описано приклади актуальних ініціатив і міжнародної допомоги у сфері переробки відходів.

Стаття також акцентує увагу на необхідності вдосконалення законодавчої бази, формування екологічної свідомості населення та розвитку інфраструктури роздільного збору і обробки відходів. Запропоновано перспективні напрями зменшення обсягів ТПВ, включаючи принцип Zero Waste і концепцію циркулярної економіки.

Ключові слова: тверді побутові відходи, екологічна безпека, інфекційні захворювання, спалювання, захоронення, переробка, рециклінг, токсичність, вразливі групи, сталий розвиток.

Постановка проблеми

Життєдіяльність людини неминуче пов'язана з утворенням твердих відходів, і чим більше місто, тим гостріше стає проблема поводження з відходами.

Тверді побутові відходи (ТПВ) – це непридатні для подальшого використання харчові продукти та предмети побуту, що викидаються людиною.

Поводження з ТПВ – одна з найгостріших екологічних та соціальних проблем сучасності. У більшості країн, що розвиваються, перевага надається відкритому скиданню відходів. Це зумовлено нижчими капітальними та експлуатаційними витратами порівняно з іншими методами утилізації, проте такий підхід має значні негативні наслідки для довкілля та суспільства. Цей несанітарний та неінженерний підхід не передбачає відповідного покриття, збору газу та збору та очищення фільтрату, що створює численні проблеми забруднення навколишнього середовища повітрям, водою та ґрунтом. Внаслідок неефективного управління твердими побутовими відходами населення зазнає впливу, який проявляється у формі фізичних, біологічних, неінфекційних, психосоціальних і ергономічних порушень здоров'я [1]. Забруднення ґрунтів, атмосферного повітря та водних ресурсів сприяє

розмноженню біологічних переносників — мух, гризунів і різноманітних комах-шкідників. Через ці переносники поширюються численні захворювання, серед яких діарея, дизентерія, порушення функцій шлунково-кишкового тракту, гельмінтоз, харчові інтоксикації, лихоманка денге, холера, лептоспіроз та бактеріальні інфекції. Також фіксуються симптоми подразнення шкіри, слизової оболонки носа та очей, а також проблеми з органами дихання [2]. Вплив газів, що утворюються відходами звалищ, таких як метан, вуглекислий газ, діоксид сірки та діоксид азоту, може спричинити запалення та бронхоконстрикцію, а також може вплинути на імунні клітини. Хлорид водню та фторид водню, що виділяються з відходів, якщо вони потрапляють у дихальну систему, можуть спричинити кашель, стиснення у грудях та задишку.

Таким чином неналежне поводження з твердими побутовими відходами призводить до численних екологічних та соціальних проблем: забруднення ґрантів і підземних вод, забруднення атмосфери, поширення інфекцій та шкідників, візуальне та естетичне забруднення і як наслідок економічні втрати на очищення територій, відновлення екосистем та лікування хвороб викликаних забрудненням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У багатьох країнах світу, особливо тих, що розвиваються, система поводження з ТПВ залишається малоефективною, що призводить до масштабного забруднення довкілля та підвищення ризику для здоров'я населення. За даними дослідження [3] для Світового банку, обсяги ТПВ зростають пропорційно до рівня урбанізації та економічного розвитку, і без впровадження сучасних технологій та політик ситуація лише погіршуватиметься. Відкрите скидання та спалювання відходів створюють серйозні екологічні та медичні ризики. Вони призвели до серйозних форм забруднення повітря, води та ґрунту. Забруднення твердими побутовими відходами збільшує смертність, а також захворюваність [4].

У огляді [5] оцінено глобальні проблеми, спричинені різними фракціями відходів, показуючи, як кілька джерел забруднення впливають на навколишнє середовище, здоров'я населення та сталий розвиток.

Значний вклад щодо аналізу дослідження забруднення навколишнього середовища та впливу на здоров'я, пов'язаних із захороненням відходів на полігонах та відкритих звалищах проведено в роботі [6].

В Україні проблема поводження з твердими побутовими відходами залишається однією з найактуальніших екологічних загроз [7–9]. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, щорічно в країні утворюється понад 10 млн тонн ТПВ, значна частина яких потрапляє на звалища, з яких більше 30% перевантажені або не відповідають санітарним нормам. 9 липня 2023 року набув чинності Закон України «Про управління відходами». Цей довгоочікуваний документ запускає реформу управління відходами та наближає наше законодавство до законодавства ЄС [10].

Дослідження українських екологів показують, що понад 90 % відходів в Україні захоронюється без попередньої переробки чи сортування, що призводить до забруднення ґрунтів і підземних вод токсичними речовинами, зокрема важкими металами та органічними сполуками. Зазначається, що сучасні способи утилізації відходів в Україні мають певні особливості, а саме:

- орієнтовані на захоронення відходів, а не на переробку;
- мають досить низький технологічний рівень та стан інформаційного забезпечення управління;
- практично відсутнє використання інноваційних технологій [11].

Продовжуючи аналіз проблеми поводження з ТПВ, варто звернути увагу на сучасні тенденції та технології, що впроваджуються в Україні у 2024–2025 роках.

Попри значні труднощі, в Україні поступово зростає інтерес до рециклінгу – філософії

повторного використання ресурсів [12]. Основними технологіями, які застосовуються в країні, є:

- сортування відходів – як ручне, так і автоматизоване, що дозволяє ефективно відокремлювати придатні до переробки матеріали;
- компостування – перетворення органічних відходів у добрива, що особливо актуально для сільських громад;
- механічне дроблення та грануляція – використовується для переробки пластику, скла та металів;
- хімічна та енергетична переробка – хоча ці методи ще не набули широкого поширення, вони мають потенціал для розвитку [13].

На сьогодні в Україні діє понад 90 підприємств, що займаються переробкою відходів. Наприклад, завод Polygreen у Фастові спеціалізується на переробці поліетилену, а корпорація «Біосфера» – на виробництві продукції з вторинної сировини [13].

Однак, як зазначають дослідники, для ефективного впровадження сучасних технологій необхідна не лише технічна база, а й державна підтримка, інвестиції та формування екологічної свідомості населення [14].

Крім того, важливою проблемою залишається відсутність інфраструктури для роздільного збору сміття, що ускладнює подальшу переробку. Більшість населених пунктів не мають достатньої кількості контейнерів для сортування, а система логістики збору вторинної сировини потребує модернізації [15].

Таким чином, хоча Україна робить кроки у напрямку сталого управління відходами, для досягнення європейських стандартів необхідно активізувати зусилля на всіх рівнях – від законодавчого до побутового, а використання інформаційних і комп'ютерних технологій на різних етапах поводження з ТПВ із застосуванням моніторингу утворення відходів і методів поводження з ними дасть змогу більш ефективно використовувати їх ресурсний потенціал для підвищення екологічної безпеки, народного господарства та суспільства загалом [16].

Постановка задачі та її рішення

Мета та основні задачі. Дослідити вплив неналежного поводження з твердими побутовими відходами на стан довкілля та здоров'я населення в Україні, проаналізувати сучасні технології утилізації, національну політику у сфері управління ТПВ та запропонувати шляхи зменшення їх негативного впливу.

Об'єктом дослідження є **система поводження з ТПВ** як складова екологічної безпеки, зокрема її вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення в умовах сучасної України.

Предмет дослідження. Процеси утворення, поводження, переробки та утилізації твердих побутових відходів, а також їх вплив на довкілля та здоров'я людини.

Методи дослідження:

аналітичний метод – огляд літератури, статистичних джерел, законодавства);

порівняльний метод – аналіз українських та міжнародних практик;

системний підхід – оцінка зв'язків між джерелом забруднення, шляхами поширення та впливом на здоров'я;

метод узагальнення – для формування висновків та рекомендацій.

Виклад основного матеріалу

Обробка та утилізація відходів включає переробку, компостування, анаеробне розкладання, спалювання, захоронення на полігонах, відкрите скидання та скидання в морських зонах [17]. На рисунку 1 схематично зображено зв'язки між методами управління відходами, відповідними небезпеками, пов'язаними з цими методами, можливими шляхами передачі забруднюючих речовин у навколишньому середовищі, якими найбільш вразливі або схильні до впливу верстви населення можуть поглинати забруднюючі речовини, та можливими несприятливими наслідками для здоров'я. Різні методи управління відходами призводять до викиду різних специфічних речовин, включаючи різні екологічні матриці, які можуть бути задіяні в транспортуванні та впливі. Наприклад, повітря є першим шляхом транспортування в навколишньому середовищі для спалювання відходів. Можуть утворюватися побічні продукти, такі як діоксини, а вживання забруднених молочних продуктів може бути непрямым джерелом впливу. Інші методи, такі як утилізація відходів на звалищах або сміттєзвалищах, також можуть впливати на ґрунтові води через витік фільтрату [18]; подальший вплив буде представлений вживанням води, забрудненої токсичними або канцерогенними сполуками.

До методів поводження з ТПВ (рис. 1) відносяться:

- спалювання – термічне знищення відходів за високих температур, що дозволяє зменшити їх об'єм;

- захоронення – розміщення відходів на спеціально облаштованих полігонах;

- відкрите скидання – хаотичне скидання відходів на несанкціонованих звалищах без екологічного контролю;

- переробка – процес перетворення відходів на вторинну сировину для повторного використання;

- відкрите спалювання – неконтрольоване спалювання відходів на відкритому повітрі, яке спричиняє значне забруднення атмосферного повітря;

- анаеробне зброджування – біологічний процес розкладання органічних відходів без доступу кисню з утворенням біогазу;

- компостування – біологічне перетворення органічних відходів на компост під дією аеробних мікроорганізмів;

- практики на рівні домогосподарства – заходи зі зберігання, сортування і первинного поводження з відходами в побуті, які можуть значно впливати на ефективність загальної системи управління відходами.

Переваги та недоліки використання зазначених вище методів наведені в таблиці 1.

Основними шляхами забруднення довкілля (рис. 1) є перенос забруднення:

- через повітря: викиди під час спалювання або відкритого горіння відходів, поширення токсичних газів (наприклад, діоксини, фурані, важкі метали), Перенос пилу та мікрочастинок з полігонів і звалищ;

- через воду: інфільтрація фільтрату з полігонів у ґрунтові та поверхневі води, потрапляння забруднюючих речовин під час зливових стоків, забруднення водних джерел токсичними речовинами (важкі метали, органічні сполуки);

- через ґрунт: пряме накопичення шкідливих речовин на територіях полігонів, міграція важких металів та органічних токсинів у глибші шари ґрунту, вторинне забруднення через розтікання фільтрату;

- біотичні шляхи перенесення (через живі організми): тварини можуть стати переносниками забруднюючих речовин, які потім потрапляють у харчовий ланцюг людини (наприклад, через молоко, м'ясо), рослинність вбирає токсини з ґрунту та води, що також підвищує ризики їх накопичення в харчових продуктах [19-21].

Проблема поводження з ТПВ має не лише екологічний, а й серйозний соціальний аспект. Наслідки забруднення навколишнього середовища від неправильного управління ТПВ нерівномірно впливають на різні групи населення. Окремі категорії людей є більш вразливими через фізіологічні, соціально-економічні або професійні фактори (рис. 1).

Вагітні жінки є однією з найбільш чутливих до токсичних впливів з навколишнього середовища груп населення. Потрапляння в організм шкідливих речовин, таких як важкі метали, діоксини, фурані або патогенні мікроорганізми, може викликати: порушення внутрішньоутробного розвитку плода, викидні або передчасні пологи, низьку масу тіла новонароджених, неонатальні ускладнення та затримки у розвитку. Дослідження [22] підтверджують зв'язок між проживанням біля полігонів відходів та підвищеним ризиком народження дітей з вродженими вадами.

Діти більш вразливі до впливу забруднюючих речовин через: незавершеність формування імунної та дихальної систем, вищу частоту контакту з ґрунтом та відкритими поверхнями під час гри, відносно більший об'єм споживання повітря та води на одиницю маси тіла.

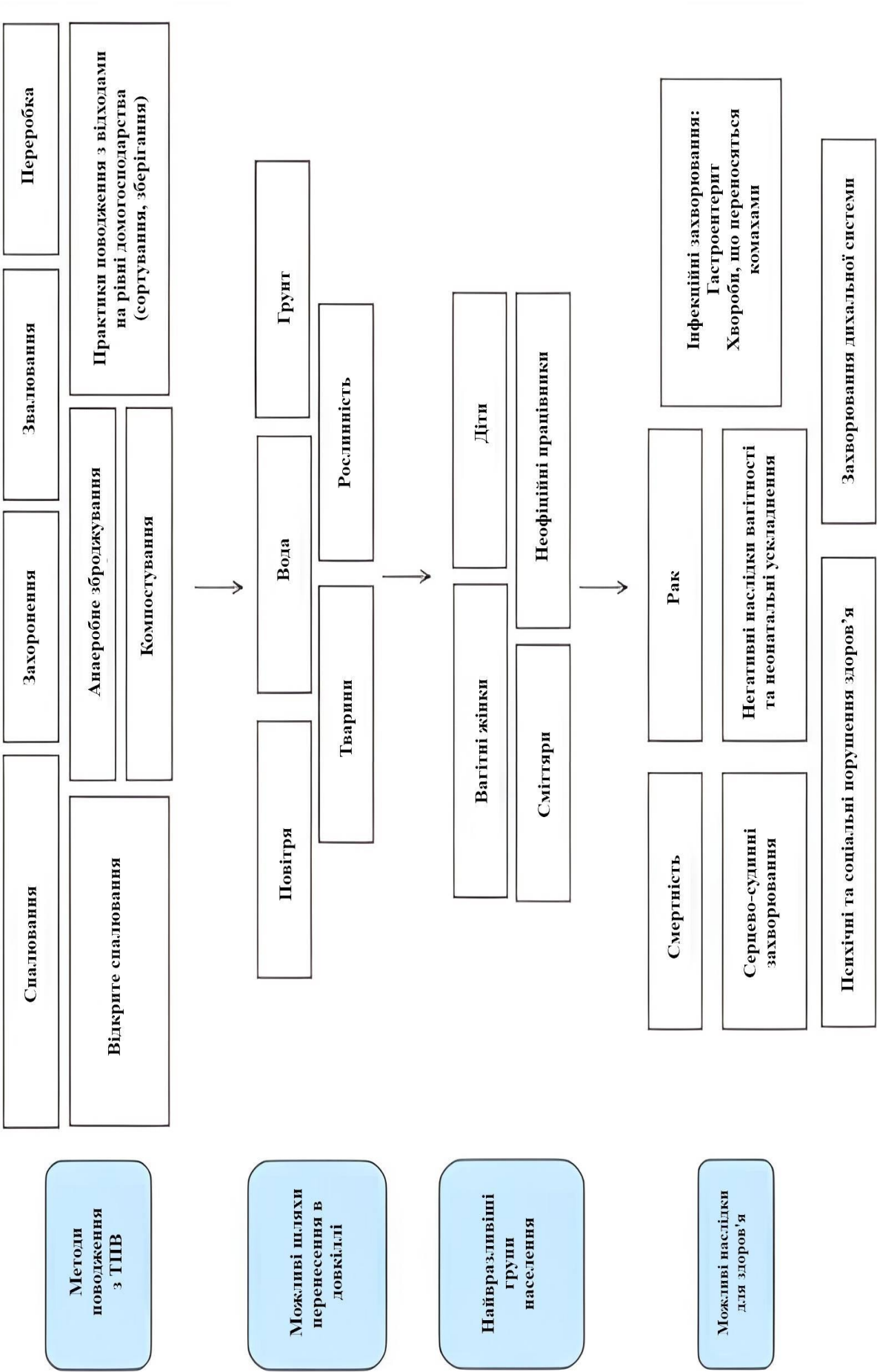


Рисунок 1 – Схема зв'язків між методами управління ТПВ та можливими наслідками для здоров'я

Таблиця 1 – Переваги та недоліки методів поводження з ТПВ

Метод	Переваги (+)	Недоліки (-)
Спалювання	Зменшує об'єм відходів; можливість виробництва енергії	Викиди токсичних речовин (діоксини, важкі метали); дорогі установки
Захоронення на полігонах	Простота технології; підходить для більшості типів відходів	Ризик забруднення ґрунту і ґрунтових вод; займає великі площі
Відкрите скидання	Низькі витрати на розміщення	Високий рівень забруднення повітря, води, ґрунту; негативний вплив на здоров'я
Переробка	Зменшення обсягів відходів; економія ресурсів; створення робочих місць	Потребує сортування; залежність від ринку вторинної сировини
Відкрите спалювання	Миттєве знищення відходів без спеціальних установок	Масове забруднення повітря; неконтрольовані викиди токсичних газів
Анаеробне зброджування	Отримання біогазу (енергії); зменшення кількості органічних відходів	Не підходить для всіх видів відходів; потребує контролю процесу
Компостування	Екологічно чистий метод; отримання добрив для сільського господарства	Підходить тільки для органічних відходів; потребує часу
Практики на рівні домогосподарства	Покращують ефективність переробки; зменшують навантаження на систему поводження з відходами	Потребують свідомості та участі населення; потрібна інфраструктура для роздільного збору

Діти, які проживають поблизу звалищ або полігонів, частіше хворіють на: респіраторні захворювання, інфекційні хвороби (гастроентерити, паразитарні інвазії), алергічні реакції та шкірні захворювання [22–24].

Сміттярі та неофіційні працівники полігонів зазнають найбільш інтенсивного та безпосереднього впливу: контакт з небезпечними відходами без належних засобів індивідуального захисту, високий ризик травмувань через гострі предмети, часті інфекційні захворювання (гепатити, шлунково-кишкові інфекції, дерматити), тривалий вплив важких металів, канцерогенів, токсичних летких речовин. За даними досліджень [25–27], рівень захворюваності серед працівників сміттєзвалищ значно вищий, ніж у середньому по населенню.

До інших соціально-економічно вразливих груп відносяться малозабезпечені верстви населення, які проживають поблизу звалищ або в районах із поганою екологічною інфраструктурою. Відсутність доступу до чистої води, відсутність належної медичної допомоги та обмежені можливості для переїзду посилюють ризики для цієї категорії людей [28].

Неналежне поводження з твердими побутовими відходами створює низку серйозних ризиків для здоров'я населення. Згідно зі схемою (рис. 1), вплив відходів на навколишнє середовище відбувається через повітря, воду, ґрунт, тварин і рослинність, що призводить до контакту з людиною та виникнення різних захворювань.

Основні ризики для здоров'я:

1. Захворювання дихальної системи.

Відкрите спалювання відходів і робота сміттєспалювальних заводів призводять до викиду в

атмосферу дрібнодисперсного пилу, діоксинів, фуранів і інших шкідливих газів. Це викликає: хронічний кашель, бронхіт, бронхіальну астму, обструктивні захворювання легень [23].

2. Інфекційні захворювання.

Сміттєві звалища є джерелом численних біологічних ризиків через накопичення патогенів, сприятливих умов для розмноження комах і гризунів. Це може викликати: гастроентерити, холеру, дизентерію, інфекції, що переносяться комахами (наприклад, лихоманка денге, лептоспіроз) [28].

3. Онкологічні захворювання (рак).

Довготривалий вплив токсичних сполук (важкі метали, бензол, діоксини), що виділяються зі звалищ і полігонів, може збільшити ризик розвитку злоякісних новоутворень: рак легень, лейкомія, інші форми онкологічних захворювань [22].

4. Серцево-судинні захворювання.

Забруднення повітря дрібнодисперсними частинками (PM_{2.5} та PM₁₀), які виділяються при спалюванні відходів, збільшує ризик: інфарктів, інсультів, гіпертонії [5, 29].

5. Негативні наслідки для вагітності та неонатальні ускладнення.

Вагітні жінки, які проживають поруч зі звалищами, піддаються підвищеному ризику: передчасних пологів, низької ваги новонароджених, вроджених вад розвитку [22].

6. Психічні та соціальні порушення здоров'я.

Проживання біля звалищ сприяє: психологічному стресу через неприємні запахи та знижені житлові умови, соціальній стигматизації мешканців таких районів, втраченому відчуттю безпеки та гідності [30].

В Україні питання поводження з відходами є однією з важливих екологічних проблем. Переважна більшість відходів досі захоронюється на сміттєзвалищах, що призводить до значного впливу на довкілля. Ця практика потребує перегляду та впровадження ефективніших рішень. З метою вдосконалення ситуації, Президент України 23 березня 2021 року видав Указ № 111/2021 «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації». Цей документ визначає необхідність впровадження сталої системи управління відходами та небезпечними хімічними речовинами [31].

Ефективне управління твердими побутовими відходами (ТПВ) вимагає належної правової бази та підтримки з боку держави. В Україні діє низка нормативно-правових актів, що регулюють цю сферу: Закон України «Про відходи» – визначає основні принципи державної політики у сфері відходів, права та обов'язки суб'єктів господарювання і громадян [32], Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» – встановлює загальні вимоги щодо захисту природи від впливу відходів [33], Державна стратегія управління відходами до 2030 року – ухвалена у 2017 році, ця стратегія визначає основні цілі та завдання щодо мінімізації утворення відходів, підвищення рівня їх переробки та повторного використання.

У зв'язку з євроінтеграційними процесами Україна активно адаптує своє законодавство до вимог Європейського Союзу. Це включає: Виконання Директиви 2008/98/ЄС про відходи, впровадження принципу «розширеної відповідальності виробника» (EPR) [34], розробку планів управління відходами на регіональному рівні.

Наразі в світі впроваджуються новітні технології, зокрема піроліз і газифікація відходів, біометанізація органічних фракцій, механіко-біологічна обробка (МБО), які дозволяють підвищити рівень утилізації та знизити негативний екологічний вплив. Порівняння цих методів наведено в таблиці 2.

В Україні реалізуються різні ініціативи та проекти з управління відходами, хоча впровадження масштабних проектів із застосуванням новітніх технологій (піроліз, газифікація, біометанізація) все ще перебуває на етапі розвитку. Однак, можна навести наступні приклади:

- ініціатива за участі Великої Британії та Нідерландів щодо переробки будівельного сміття, що утворилося внаслідок війни, на енергоефективні матеріали. Проект «Safe, Sustainable, and Swift Reconstruction of Ukraine» (S3) спрямований на впровадження інноваційної мобільної виробничої лінії для переробки вторинного бетону [39];

- шведсько-українська багаторічна ініціатива, що розпочала роботу у 2024 році. Вона спрямована на ефективне управління побутовими відходами, розробку стратегії, реформування тарифної системи, підтримку пілотних проектів з розділення та

обробки органічних відходів, а також посилення контролю за викидами зі звалищ (Проект «Посилення управління побутовими відходами в Україні» (WM4U) [40]);

- роздільний збір відходів – деякі міста, зокрема Суми, розширюють системи роздільного збирання скляної та металевої упаковки, а також впроваджують електронне маркування побутових контейнерів;

- управління відходами руйнації – у Харківській області застосовуються практики повторного використання будівельних відходів, зокрема цегли та битого скла для засипання доріг. Створюються тимчасові майданчики для обміну відходами руйнації;

- системи управління відходами електричного та електронного обладнання, а також батарейками – впроваджуються системи збору та переробки відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) та батарейок, що включає створення пунктів збору та відповідальність виробників;

- програми сортування та утилізації – у Вінниці реалізується програма «збору – транспортування – сортування – утилізації» твердих побутових відходів, спрямована на поетапне створення екобезпечної системи. На деяких полігонах ТПВ здійснюється сортування відходів з подальшою передачею на вторинну переробку.

Ці приклади демонструють поступове впровадження сучасних підходів до управління відходами, хоча для повноцінного вирішення проблеми необхідне подальше масштабування та інтеграція новітніх технологій, зокрема використання комп'ютерних та інформаційних технологій на різних етапах поводження з ТПВ [16, 41].

Шляхи зменшення обсягів утворення твердих побутових відходів

Зменшення кількості твердих побутових відходів є одним із ключових пріоритетів екологічної політики, що реалізується як на державному, так і на місцевому рівнях. Ефективні заходи в цій сфері сприяють не лише зниженню навантаження на довкілля, але й значно підвищують рівень ресурсоефективності країни загалом.

Одним із найдієвіших способів скорочення обсягів ТПВ є належна організація роздільного збору сміття. Встановлення окремих контейнерів для паперу, скла, пластику та органічних відходів є фундаментальним кроком, який суттєво збільшує частку відходів, придатних до вторинної переробки. Це дозволяє повернути цінні ресурси в економічний обіг, зменшуючи потребу у видобутку первинної сировини [42].

Важливою складовою сучасної системи управління відходами є концепція розширеної відповідальності виробника (EPR). Відповідно до європейської практики, виробники упаковки та товарів повинні нести відповідальність за подальшу

утилізацію своєї продукції після її використання споживачами. Впровадження цієї системи створює економічні стимули для виробників, спонукаючи їх

зменшувати кількість відходів ще на етапі розробки та виробництва продукції, а також сприяти її переробці [12].

Таблиця 2 – Порівняння сучасних методів обробки відходів.

Метод обробки	Опис	Переваги	Недоліки
Піроліз відходів [19, 35]	Термічний розклад органічних речовин без доступу кисню при високих температурах з утворенням рідкого палива (піролізної олії), газу та твердого залишку (коксу).	Енергетично вигідніший за пряме спалювання; зменшення обсягу відходів; можливість отримання цінних продуктів (паливо, газ); зменшення викидів шкідливих речовин (діоксинів, фуранів) порівняно зі спалюванням.	Можливе утворення токсичних речовин у залишках, якщо процес не контролюється належним чином; необхідність ретельної підготовки сировини; іноді можуть мати ті самі недоліки, що і пряме спалювання відходів (якщо не забезпечена чистота процесу).
Газифікація відходів [36]	Перетворення органічних відходів на синтез-газ (суміш CO, H ₂ , CO ₂) за високих температур з обмеженим доступом кисню.	Низький рівень утворення діоксинів і фуранів; виробництво синтез-газу, який може використовуватися для виробництва електроенергії або хімічних продуктів; більш безпечна операція через відсутність кисню в живильних газах.	Менша теплова ефективність, оскільки реакція є ендотермічною і потребує додавання тепла; можливе утворення смол та дьогтю; тривалий час пуску деяких газифікаторів.
Біометанізація органічних фракцій [37]	Анаеробне зброджування органічних відходів мікроорганізмами з утворенням біогазу (метану).	Отримання відновлюваного джерела енергії (біогаз); зменшення обсягу органічних відходів; виробництво високоякісного добрива (дигестату); екологічно нейтральне паливо (CO ₂ -нейтральне); можливість зберігання біогазу.	Тривалий виробничий цикл (до двох місяців); необхідність ретельного подрібнення сировини; залежність від складу органічних відходів; необхідність великих площ для розміщення установок.
Механіко-біологічна обробка (МБО) [38]	Комбінований метод, що включає механічне сортування відходів (вилучення вторинної сировини) та біологічну обробку (компостування або анаеробне зброджування) органічної фракції.	Зменшення обсягу відходів, що захоронюються; вилучення цінної вторинної сировини; стабілізація органічної фракції, що знижує утворення метану на полігонах; покращення якості повітря та зменшення впливу запахів.	Вимагає значних капітальних витрат на будівництво та експлуатацію; неповне вилучення вторинної сировини; якість кінцевого продукту (компосту) може бути не завжди високою через забруднення.

Значний вплив на обсяги відходів має рівень екологічної свідомості населення. Тому проведення освітніх та інформаційних кампаній, таких як тренінги, лекції, акції з прибирання територій та заходи з популяризації роздільного сортування, є надзвичайно важливим. Такі ініціативи допомагають формувати культуру відповідального ставлення до відходів серед громадян, що є запорукою успіху будь-яких системних змін.

Активно популяризуються такі прогресивні концепції, як Zero Waste (нуль відходів) та

Циркулярна економіка. Підхід Zero Waste передбачає максимальне скорочення утворення сміття за рахунок багаторазового використання, ремонту та ефективної переробки матеріалів. Циркулярна економіка, у свою чергу, орієнтована на створення замкнених виробничих циклів, де відходи одного процесу стають цінною сировиною для інших, мінімізуючи втрати та оптимізуючи використання ресурсів [43].

Для заохочення домогосподарств та підприємств до зменшення відходів місцеві органи влади можуть

застосовувати різноманітні фінансові механізми. Це можуть бути знижки для підприємств, які активно мінімізують свої відходи, або ж пільги для домогосподарств, що беруть участь у програмах роздільного сортування. Впровадження системи «Pay-as-you-throw» (плати за обсяг вивезених відходів) також може стати ефективним стимулом до зменшення утворення сміття [44].

Необхідним є розвиток інфраструктури, що забезпечує переробку та повторне використання матеріалів. Створення сучасних центрів вторинної сировини, станцій компостування для органічних відходів, ремонтних майстерень та центрів обміну речами значно сприяє зменшенню кількості відходів, що потрапляють на полігони, і дозволяє ефективніше використовувати наявні ресурси.

Перспективи та виклики у сфері управління твердими побутовими відходами

Вирішення проблеми твердих побутових відходів вимагає комплексного підходу та тісної взаємодії між органами влади, бізнесом та громадськістю. Попри певні позитивні зрушення, Україна стикається з низкою серйозних викликів, які потребують системних рішень.

Серед ключових перспектив у цій сфері варто виділити модернізацію інфраструктури. Будівництво нових, технологічно досконалих полігонів, сучасних сортувальних та переробних заводів дозволить істотно зменшити обсяги відходів, що захоронюються, та підвищити ефективність їх обробки. Планується поступове розширення системи роздільного збору відходів на всій території країни, включаючи сільські райони, що є важливим кроком до створення загальнонаціональної системи.

Активно створюються сприятливі умови для залучення як внутрішніх, так і міжнародних інвесторів до проєктів з управління відходами, що дозволить забезпечити необхідне фінансування для масштабних перетворень. Важливим напрямком є цифровізація процесів: впровадження електронних систем обліку та контролю за утворенням, збиранням і переробкою відходів допоможе підвищити прозорість та ефективність галузі. Крім того, Україна активно залучає досвід європейських країн, що сприяє адаптації найкращих практик у сфері поводження з відходами та прискорює інтеграцію до європейських стандартів.

Попри позитивні тенденції, існують значні виклики. Одним із головних є недостатнє фінансування, оскільки брак бюджетних коштів обмежує можливості для реалізації масштабних проєктів із переробки та утилізації ТПВ. Низький рівень екологічної свідомості населення також

залишається значною перешкодою, адже багато громадян досі не дотримуються правил сортування відходів, що ускладнює їх подальшу переробку та використання.

Відсутність ефективної системи контролю сприяє порушенням норм поводження з відходами, поширенню нелегальних сміттєзвалищ та загальній безвідповідальності. Також відчутною є недосконалість законодавчої бази: деякі нормативно-правові акти потребують оновлення та гармонізації з європейськими стандартами, щоб створити чіткі та дієві рамки для управління відходами. Нарешті, технічна відсталість, що виявляється у відсутності сучасних технологій та обладнання на більшості підприємств, які займаються переробкою ТПВ, гальмує розвиток галузі.

Для успішного подолання цих викликів необхідний комплекс заходів. Важливо посилити екологічний контроль та запровадити суворішу відповідальність за порушення у сфері поводження з відходами. Потрібна активізація освітніх та інформаційних кампаній, щоб підвищити обізнаність та свідомість громадян. Залучення громадськості до процесів прийняття рішень щодо управління відходами також є ключовим елементом.

Крім того, необхідно розробити нові економічні стимули для підприємств, які впроваджують екологічно відповідальні практики, а також підвищити рівень інвестиційної привабливості галузі, щоб залучити необхідні кошти для її модернізації та розвитку.

Висновки

1. Проблема поводження з твердими побутовими відходами в Україні має комплексний характер, поєднуючи екологічні, соціальні, медичні та технологічні аспекти.

2. Основними ризиками є забруднення атмосферного повітря, ґрунтових і підземних вод, а також зростання рівня захворюваності серед населення.

3. Найбільш уразливими є діти, вагітні жінки, незабезпечені верстви населення та неформальні працівники сміттєзвалищ.

4. Для подолання наслідків неналежного поводження з ТПВ необхідно впроваджувати сучасні технології переробки, формувати екологічну свідомість громадян і розвивати інфраструктуру.

5. Позитивні тенденції, зокрема прийняття нового законодавства та міжнародні проєкти, свідчать про поступовий перехід України до більш сталої моделі управління відходами, однак ці зусилля потребують підтримки на державному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ncube F., Ncube E. J., Vuyi K. A systematic critical review of epidemiological studies on public health concerns of municipal solid waste handling. *Perspectives in Public Health*. 2017. Vol. 137, No. 2. P. 102–108. DOI: 10.1177/1757913916639077.
2. Siddiqua A., Hahladakis J., Wadha A. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29, Suppl. 1. P. 1–23. DOI: 10.1007/s11356-022-21578-z.
3. Hoornweg D., Bhada-Tata P. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Washington: World Bank, 2012. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388> (дата звернення: 04.07.2025).
4. Singh S., Sharma M. Environment and health impact of solid waste management in developing countries: a review. *Current World Environment*. 2023. Vol. 18, No. 1. P. 18–29. DOI: 10.12944/CWE.18.1.3.
5. Ferronato N., Torretta V. Waste mismanagement in developing countries: a review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, No. 6. Art. 1060. DOI: 10.3390/ijerph16061060.
6. Siddiqua A., Hahladakis J. N., Al-Attiya W. A. K. A. An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research International*. 2022. Vol. 29, No. 39. P. 58514–58536. DOI: 10.1007/s11356-022-21578-z.
7. Гербут Я., Самусевич Я. Проблеми та перспективи розвитку сфери управління побутовими відходами в Україні. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 68. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-68-169.
8. Білявський О. О. Проблеми утилізації твердих побутових відходів в Україні та методи їх вирішення. *Стратегія економічного розвитку України*. 2023. № 52. С. 72–83. DOI: 10.33111/sedu.2023.52.072.083.
9. Стапінська І. В. Особливості екологічної безпеки у системі «тверді побутові відходи – навколишнє середовище – здоров'я людини». *Збірник науково-технічних праць НЛТУ*. Львів: Національний лісотехнічний університет України, 2016. Вип. 26.7. С. 238–244.
10. Реформа стартувала – вступив у дію Закон «Про управління відходами». Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2023. URL: <https://mepr.gov.ua/reforma-startuvala-vstupyv-u-diyu-zakon-pro-upravlinnya-vidhodamy/> (дата звернення: 04.07.2025).
11. Пронько Л. Удосконалення інформаційних систем управління твердими побутовими відходами в територіальних громадах. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 40. – DOI: 10.32782/2524-0072/2022-40-20.
12. Горбаль Н. І., Сліпачик С. В. Циркулярна економіка: особливості та перспективи впровадження в Україні в умовах війни. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2024. № 1 (11). С. 92–100. DOI: 10.23939/smeu2024.01.092.
13. Погончук Я. Рециклінг в Україні: що це таке та які є технології переробки відходів. 24 канал, 2024. URL: https://24tv.ua/trends24/pererobka-vidhodiv-ukrayini-yaki-ye-perevagi-perspektivi-rozvitku_n2615490 (дата звернення: 04.07.2025).
14. Матвеев Ю. Б., Гелетуха Г. Г. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні: аналітична записка №22. Біоенергетична асоціація України, 2019. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf> (дата звернення: 04.07.2025).
15. Тверді побутові відходи: джерела утворення та екологічний аспект [Електронний ресурс] // Освіта.ua. – URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21366/>.
16. Використання комп'ютерних та інформаційних технологій на різних етапах поводження з ТПВ / М. В. Барун, С. О. Коверсун, О. І. Лежнева, А. Г. Лотарев. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2025. Вип. 108. С. 168–174. – DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.108.0.168.
17. Управління та поводження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів: навчальний посібник / Петрук В. Г., І. В. Васильківський, В. А. Іщенко, Р. В. Петрук. Вінниця: ВНТУ, 2016. 137 с.
18. Vaccari M., Vinti G., Tudor T. An analysis of the risk posed by leachate from dumpsites in developing countries. *Environments*. 2018. Vol. 5. Art. 99. DOI: 10.3390/environments5090099.
19. Поводження з відходами: курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія». Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр» / уклад. О. В. Рибалова. Харків: НУЦЗ України, 2016. 530 с.
20. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2010. 552 с.
21. Каратеева О. І., Коваль О. А., Гроза В. І. Технологія переробки побутових відходів та відходів сільського господарства: курс лекцій для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Миколаїв: МНАУ, 2018. 190 с.
22. Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste / D. Porta et al. *Environmental Health*. 2009. Vol. 8. Art. 60. DOI: 10.1186/1476-069X-8-60.
23. Landfills as risk factors for respiratory disease in children / C. R. Corrêa, C. E. C. Abrahão, M. C. C. Carpintero, F. Anaruma Filho. *Jornal de Pediatria (Rio J.)*. 2011. Vol. 87, No. 4. P. 319–324. DOI: 10.2223/JPED.2098.
24. Mahler C. F., de Oliveira S. B., Taquette S. R. Respiratory diseases of children living near a dumpsite. *Bioscience Journal*. 2016. Vol. 32, No. 5. DOI: 10.14393/BJ-v32n1a2016-33067.
25. Горностай О. Б., Станіславчук О. Оцінка професійних ризиків працівників полігону твердих побутових відходів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2023. Вип. 27. С. 77–85. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.09.
26. A systematic review on informal waste picking: occupational hazards and health outcomes / T. R. Zolnikov, F. Furio, V. R. N. Cruvinel, J. Richards. *Waste Management*. 2021. Vol. 126. P. 291–308. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.03.006.
27. Lavoie J., Guertin S. Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2001. March. P. 351–359. DOI: 10.1080/10473289.2001.10464278.
28. Ziraba A. K., Haregu T. N., Mberu B. A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. *Archives of Public Health*. 2016. Vol. 74. Art. 55. DOI: 10.1186/s13690-016-0166-4.
29. Health impacts and social costs associated with air pollution in larger urban areas of Ukraine. United Nations Development Programme., 2023. – URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-03/Health%20impacts%20and%20social%20costs%20associated%20with%20air%20pollution%20in%20larger%20urban%20areas%20of%20Ukraine%20%28UA%29.pdf>.
30. Wilson D. C., Velis C., Cheeseman C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*. 2006. Vol. 30, No. 4. P. 797–808. DOI: 10.1016/j.habitatint.2005.09.005.
31. Указ Президента України «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації» від 23.03.2021 р. № 111/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0018525-21#Text> (дата звернення: 04.07.2025).
32. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 04.07.2025).
33. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 04.07.2025).
34. Зварич Р., Зварич І. Розширена відповідальність виробника в концепції розвитку циркулярної економіки. *Світ фінансів*. 2019. Вип. 3. С. 76–86.
35. Ławińska O., Korombel A., Zajemska M. Pyrolysis-based municipal solid waste management in Poland – SWOT analysis. *Energies*. 2022. Vol. 15, No. 2. Art. 510. DOI: 10.3390/en15020510.

36. Gasification of organic solid waste for syngas: Physicochemical and conversion mechanism investigation / L. Ye et al. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. Vol. 49, Part A. P. 384–397. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.08.318.
37. Mata-Alvarez J. Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes. London: IWA Publishing, 2011. Vol. 4. ISBN 9781780402994. DOI: 10.2166/9781780402994.
38. Sustainable mechanical biological treatment of solid waste in urbanized areas with low recycling rates / E. Trulli et al. *Waste Management*. 2018. Vol. 71. P. 556–564. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.10.018.
39. Проект «Safe, Sustainable, and Swift Reconstruction of Ukraine» (S3). URL: <https://www.circular-concrete.in.ua/> (дата звернення: 04.07.2025).
40. Проект «Посилення управління побутовими відходами в Україні» (WM4U). URL: <https://mtu.gov.ua/news/36006.html> (дата звернення: 04.07.2025).
41. Czekala W., Drozdowski J., Łabiak P. Modern technologies for waste management: a review. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 15. Art. 8847. DOI: 10.3390/app13158847.
42. Separate collection of municipal waste – Citizens' involvement and behavioural aspects Extended discussion paper from AA-CEAP1 Subgroup 3: consumer behavior / J. Cristóbal García et al. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/665482> (дата звернення: 04.07.2025).
43. Strategy formulation path towards zero-waste of municipal solid waste: a case study from Shanghai / Z. Chu et al. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 421. Art. 138091. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138091.
44. Skumatz L. A. Pay as you throw in the US: implementation, impacts, and experience. *Waste Management*. 2008. Vol. 28, Issue 12. P. 2778–2785. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.03.033.

Dushkin S.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF IMPROPER MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT ON THE ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH

Improper handling of solid municipal waste (MSW) poses a serious threat to both the environment and public health, especially in countries with underdeveloped waste management infrastructure. The article analyses the main environmental consequences of improper burial, incineration and open dumping of MSW, in particular air, water and soil pollution. It describes the pathways of pollutant transfer and their impact on humans through the food chain, water, air and contact with soil.

Particular attention is paid to analyzing the impact of factors connected to improper municipal solid waste handling on vulnerable groups of the population: children, pregnant women, landfill workers and socially disadvantaged groups. Diseases caused by pollution are studied, including respiratory, oncological, infectious, cardiovascular and psychosocial diseases.

The paper looks at modern approaches to solid waste management and gives examples of current initiatives and international assistance in the field of waste recycling.

The article also emphasizes the need to improve the legislative framework, raise environmental awareness among the population and develop infrastructure for separate waste collection and treatment. Promising areas for reducing solid waste volumes are proposed, including the Zero Waste principle and the concept of a circular economy.

Key words: solid waste, environmental safety, infectious diseases, incineration, landfill, processing, recycling, toxicity, vulnerable groups, sustainable development.

REFERENCES

1. Ncube, F., Ncube, E. J., & Voyi, K. (2017). A systematic critical review of epidemiological studies on public health concerns of municipal solid waste handling. *Perspectives in Public Health*, 137(2), 102–108. DOI: 10.1177/1757913916639077.
2. Siddiqua, A., Hahladakis, J., & Wadha, A. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(Suppl 1), 1–23. DOI: 10.1007/s11356-022-21578-z.
3. Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. World Bank. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>.
4. Singh, S., & Sharma, M. (2023). Environment and health impact of solid waste management in developing countries: A review. *Current World Environment*, 18(1), 18–29. DOI: 10.12944/CWE.18.1.3.
5. Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060. DOI: 10.3390/ijerph16061060.
6. Siddiqua, A., Hahladakis, J. N., & Al-Attia, W. A. K. A. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(39), 58514–58536. DOI: 10.1007/s11356-022-21578-z.
7. Herbut, Y., & Samusevych, Y. (2024). Problemy ta perspektyvy rozvytku sfery upravlinnia pobutovymy vidkhodamy v Ukraini [Problems and prospects of municipal waste management development in Ukraine]. *Economy and Society*, 68. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-68-169. [in Ukrainian]
8. Biliavskiy, O. O. (2023). Problemy utylizatsii tverdykh pobutovykh vidkhodiv v Ukraini ta metody yikh vyrishennia [Problems of municipal solid waste utilization in Ukraine and methods of their solution]. *Strategy of Economic Development of Ukraine*, 52, 72–83. DOI: 10.33111/sedu.2023.52.072.083. [in Ukrainian]
9. Stapinska, I. V. (2016). Osoblyvosti ekolohichnoi bezpeky u systemi "tverdi pobutovi vidkhody – navkolyshnie seredovyshe – zdorovia liudyny" [Some Aspects of Ecological Safety in the System "Municipal Solid Waste – Environment – Human Health"]. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 26(7), 238–244. [in Ukrainian]

10. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. (2023). *Reforma startuvala – vstupyv u diyuu Zakon "Pro upravlinnya vidkhodamy" [Reform started – the Law "On Waste Management" came into force]*. <https://mepr.gov.ua/reforma-startuvala-vstupyv-u-diyuu-zakon-pro-upravlinnya-vidkhodamy/>. [in Ukrainian]
11. Pronko, L. (2022). Udoslonaennia informatsiinykh system upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy v terytorialnykh hromadakh [Improvement of information systems for municipal solid waste management in territorial communities]. *Economy and Society*, 40. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-40-20 [in Ukrainian]
12. Horbal, N. I., & Slipachyk, S. V. (2024). Tsyrukliarna ekonomika: osoblyvosti ta perspektyvy vprovadzhennia v Ukraini v umovakh viiny [Circular economy: Features and prospects of implementation in Ukraine under war conditions]. *Management and Entrepreneurship in Ukraine: Stages of Formation and Development Problems*, 1(11), 92–100. DOI: 10.23939/smeu2024.01.092. [in Ukrainian]
13. Pogonchuk, Ya. (2024). *Retsykling v Ukraini: shcho tse take ta yaki ye tekhnolohii pererobky vidkhodiv [Recycling in Ukraine: what it is and what are the waste processing technologies]*. 24 Kanal. URL: https://24tv.ua/trends24/pererobka-vidhodiv-ukrayini-yaki-ye-perevagi-perspektivi-rozvitku_n2615490. [in Ukrainian]
14. Matvieiev, Yu. B., & Heletukha, H. H. (2019). *Perspektyvy enerhetychnoi utylizatsii tverdych pobutovykh vidkhodiv v Ukraini: Analychna zapyska №22 [Prospects for energy utilization of municipal solid waste in Ukraine: Analytical note No. 22]*. Bioenerhetychna Asotsiatsiia Ukrainy. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/01/position-paper-uabio-22-ua.pdf>. [in Ukrainian]
15. *Tverdi pobutovi vidkhody: dzherela utvorennia ta ekolohichniy aspekt [Municipal solid waste: sources of formation and environmental aspect]*. Osvita.ua. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21366/>. [in Ukrainian]
16. Barun, M. V., Kovarsun, S. O., Lezhneva, O. I., & Lotarev, A. H. (2025). Vykorystannia komp'uternykh ta informatsiinykh tekhnolohii na riznykh etapakh povodzhennia z TPV [Use of computer and information technologies at various stages of municipal solid waste management]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu*, 108, 168–174. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.108.0.168. [in Ukrainian]
17. Petruk, V. H., Vasylykivskiy, I. V., Ishchenko, V. A., & Petruk, R. V. (2016). *Upravlinnia ta povodzhennia z vidkhodamy. Chastyna 3. Polihony tverdych pobutovykh vidkhodiv: navchalnyi posibnyk [Waste management and handling. Part 3. Municipal solid waste landfills: A textbook]*. Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian]
18. Vaccari, M., Vinti, G., & Tudor, T. (2018). An analysis of the risk posed by leachate from dumpsites in developing countries. *Environments*, 5(9), Art. 99. DOI: 10.3390/environments5090099.
19. Rybalova, O. V. (2016). *Povodzhennia z vidkhodamy: kurs leksii. Dlia studentiv dennoi formy navchannia. Spetsialnist 101 "Ekolohiia". Osvitno-kvalifikatsiinyi stupin "mahistr" [Waste management: Lecture course for full-time students. Major 101 "Ecology". Master's degree]*. Kharkiv: NUCDU. [in Ukrainian]
20. Radovenchyk, V. M., & Homelia, M. D. (2010). *Tverdi vidkhody: zbir, pererobka, skladuvannia: navchalnyi posibnyk [Solid waste: Collection, processing, disposal: A textbook]*. Kyiv: Kondor. [in Ukrainian]
21. Karateieva, O. I., Koval, O. A., & Hroza, V. I. (2018). *Tekhnolohiia pererobky pobutovykh vidkhodiv ta vidkhodiv silskoho hospodarstva: kurs leksii dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity stupenia "bakalavr" spetsialnosti 162 "Biotehnolohii ta bioinzhenierii" [Technology of household and agricultural waste processing: A lecture course for bachelor's degree students of specialty 162 "Biotechnology and Bioengineering"]*. Mykolaiv: MNAU. [in Ukrainian]
22. Porta, D., Milani, S., Lazzarino, A. I., Perucci, C. A., & Forastiere, F. (2009). Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste. *Environmental Health*, 8, 60. DOI: 10.1186/1476-069X-8-60.
23. Corrêa, C. R., Abrahão, C. E. C., Carpintero, M. C. C., & Anaruma Filho, F. (2011). Landfills as risk factors for respiratory disease in children. *Journal of Pediatrics (Rio J.)*, 87(4), 319–324. DOI: 10.2223/JPED.2098.
24. Mahler, C. F., de Oliveira, S. B., & Taquette, S. R. (2016). Respiratory diseases of children living near a dumpsite. *Bioscience Journal*, 32(5). DOI: 10.14393/BJ-v32n1a2016-33067.
25. Hornostai, O. B., & Stanislavchuk, O. (2023). Otsinka profesiinykh ryzykiv pratsivnykiv polihonu tverdych pobutovykh vidkhodiv [Assessment of occupational risks of municipal solid waste landfill workers]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiedialnosti*, 27, 77–85. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.09. [in Ukrainian]
26. Zolnikov, T. R., Furio, F., Cruvinel, V. R. N., & Richards, J. (2021). A systematic review on informal waste picking: Occupational hazards and health outcomes. *Waste Management*, 126, 291–308. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.03.006.
27. Lavoie, J., & Guertin, S. (2001). Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 51(3), 351–359. DOI: 10.1080/10473289.2001.10464278.
28. Ziraba, A. K., Haregu, T. N., & Mberu, B. (2016). A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. *Archives of Public Health*, 74, 55. DOI: 10.1186/s13690-016-0166-4.
29. United Nations Development Programme. (2023). *Health impacts and social costs associated with air pollution in larger urban areas of Ukraine*. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-03/Health%20impacts%20and%20social%20costs%20associated%20with%20air%20pollution%20in%20larger%20urban%20areas%20of%20Ukraine%20%28UA%29.pdf>.
30. Wilson, D. C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30(4), 797–808. DOI: 10.1016/j.habitatint.2005.09.005.
31. *Pro vyklyky i zahrozy natsionalnoi bezpeky Ukrainy v ekolohichnii sferi ta pershochergovi zakhody shchodo yikh neutralizatsii [On challenges and threats to the national security of Ukraine in the environmental sphere and priority measures for their neutralization]* 111/2021 Decree of the President of Ukraine. (2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0018525-21#Text>. [in Ukrainian]
32. *Pro vidkhody [On waste]* 187/98-VR Law of Ukraine. (1998). URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>. [in Ukrainian]
33. *Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha [On environmental protection]* 1264-XII Law of Ukraine. (1991). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>. [in Ukrainian]
34. Zvarych, R., & Zvarych, I. (2019). Rozshyrenia vidpovidalnist vyrobnyka v kontseptsii rozvytku tsyrkuliarnoi ekonomiky [Extended producer responsibility in the concept of circular economy development]. *Svit Finansiv*, 3, 76–86. [in Ukrainian]
35. Ławińska, O., Korombel, A., & Zajemska, M. (2022). Pyrolysis-based municipal solid waste management in Poland – SWOT analysis. *Energies*, 15(2), 510. DOI: 10.3390/en15020510.
36. Ye, L., Zhang, J., Xu, R., Yu, J., Cao, M., Yu, Y., & Liu, S. (2024). Gasification of organic solid waste for syngas: Physicochemical and conversion mechanism investigation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49(A), 384–397. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.08.318.
37. Mata-Alvarez, J. (2011). *Biometanization of the organic fraction of municipal solid wastes*. 4. London: IWA Publishing. DOI: 10.2166/9781780402994.
38. Trulli, E., Ferronato, N., Torretta, V., Piscitelli, M., Masi, S., & Mancini, I. (2018). Sustainable mechanical biological treatment of solid waste in urbanized areas with low recycling rates. *Waste Management*, 71, 556–564. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.10.018.
39. Project "Safe, Sustainable, and Swift Reconstruction of Ukraine" (S3). URL: <https://www.circular-concrete.in.ua/>. [in Ukrainian]
40. Project "Posylennia upravlinnia pobutovymy vidkhodamy v Ukraini" (WM4U). URL: <https://mtu.gov.ua/news/36006.html>. [in Ukrainian]
41. Czekala, W., Drodowski, J., & Łabiak, P. (2023). Modern technologies for waste management: A review. *Applied Sciences*, 13(15), 8847. DOI: 10.3390/app13158847.

42. Cristóbal García, J., Pierri, E., Antonopoulos, I., Bruns, H., Foster, G., & Gaudillat, P. (2022). *Separate collection of municipal waste – Citizens' involvement and behavioural aspects – Extended discussion paper from AA-CEAP1 Subgroup 3: Consumer behaviour*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/665482>.
43. Chu, Z., Li, Q., Zhou, A., Zhang, W., Huang, W., & Wang, J. (2023). Strategy formulation path towards zero-waste of municipal solid waste: A case study from Shanghai. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138091. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138091.
44. Skumatz, L. A. (2008). Pay as you throw in the US: Implementation, impacts, and experience. *Waste Management*, 28(12), 2778–2785. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.03.033