

ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ДО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОДІЇ КЛЮЧОВИХ СТЕЙКХОЛДЕРІВ: ДЕРЖАВИ, РЕГІОНІВ, ПІДПРИЄМСТВ, ДОМОГОСПОДАРСТВ*

Матвєєва Ю. А., Росохата А. С., Богдан Е. І.

ВСТУП

Сучасні глобальні виклики, зокрема зростання кількості відходів, виснаження природних ресурсів та екологічні катастрофи, вимагають докорінних змін у підходах до їх управління. Традиційна лінійна модель економіки, що передбачає видобуток ресурсів, їх використання та подальше захоронення, є застарілою та неефективною. Альтернативою цьому є концепція циркулярної (замкнутої) економіки, яка спрямована на мінімізацію відходів, повторне використання матеріалів та максимальну утилізацію ресурсів. Перехід до такої моделі є важливим не лише для сталого розвитку, а й для зміцнення економічної та енергетичної безпеки країни.

Україна, як держава, що перебуває у процесі відновлення після масштабних руйнувань, стикається з численними викликами у сфері управління відходами. Військові дії значно загострили проблему накопичення промислових, будівельних і побутових відходів, що потребують ефективної утилізації. Водночас криза у традиційній енергетиці, викликана руйнуванням об'єктів інфраструктури, підсилює необхідність використання альтернативних джерел енергії. Одним із перспективних рішень є впровадження інтегрованих підходів до управління відходами, які дозволяють одночасно вирішувати екологічні проблеми та забезпечувати виробництво енергії.

Європейський Союз давно розробив ефективні моделі управління відходами, які передбачають багаторівневий підхід: запобігання утворенню відходів, повторне використання, переробку та їхнє енергетичне використання. В Україні цей підхід лише набирає обертів, хоча стратегічні документи, такі як Національна стратегія управління відходами до 2030 року, уже визначають напрямки змін. Зокрема, одним із важливих кроків є запровадження сучасних технологій переробки відходів на енергію Waste-to-Energy (WtE), що дозволяють отримувати теплову та електричну енергію з промислових та побутових відходів.

Інтегрована система управління відходами включає взаємодію між державою, регіонами, підприємствами та домогосподарствами. Важливу роль відіграє державна політика, яка має формувати правову

базу, створювати стимули для підприємств і впроваджувати сучасні екологічні стандарти. Регіони повинні адаптувати загальнонаціональні стратегії до місцевих умов, залучати інвесторів та будувати інфраструктуру переробки. Підприємства, зі свого боку, можуть інвестувати у технології вторинної переробки та виробництво альтернативних видів палива, таких як Refuse-Derived Fuel (RDF). Населення ж має активно долучатися до сортування відходів, що є ключовим елементом ефективної моделі управління.

Важливо зазначити, що реформа управління відходами потребує значних фінансових вкладень та законодавчих змін. Державні програми стимулювання інвестицій, міжнародна фінансова підтримка та партнерство з європейськими країнами можуть значно прискорити цей процес. Зокрема, гармонізація законодавства України з директивами ЄС дозволить забезпечити екологічну безпеку та сприяти розвитку циркулярної економіки.

Цей розділ спрямований на комплексне дослідження інтегрованих моделей управління відходами в Україні, їхньої ролі у післявоєнному відновленні країни та перспектив використання відходів як енергетичного ресурсу. У роботі розглядаються основні теоретичні аспекти циркулярної економіки, європейський досвід, національна стратегія та її реалізація, а також виклики, що стоять перед Україною у цій сфері. Особливу увагу приділено аналізу сучасних технологій перетворення відходів в енергію та їхньому потенціалу для зменшення енергетичної залежності країни.

Таким чином, дослідження є актуальним у контексті екологічної безпеки, сталого розвитку та енергетичної незалежності України. Його результати можуть бути корисними для науковців, державних органів, бізнесу та громадськості, які зацікавлені у впровадженні ефективної системи управління відходами. Успішне застосування циркулярної економіки сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля, покращенню якості життя громадян та формуванню сталої економіки майбутнього.

1. Теоретичні засади інтегрованого управління відходами в контексті відновлення енергетики України

Сучасна модель розвитку економіки та промисловості значною мірою залежить від ефективного управління відходами. Традиційний лінійний підхід, що передбачає видобуток ресурсів, їх використання та подальше захоронення, є екологічно та економічно неефективним. Альтернативою цьому є циркулярна (замкнена) економіка, що передбачає повторне використання ресурсів, мінімізацію відходів та їхнє залучення до виробничих процесів.

Європейський Союз активно впроваджує принципи циркулярної економіки, які передбачають ефективне використання відходів як вторинної сировини та альтернативного джерела енергії. В Україні ця концепція лише набуває популярності, однак Національна стратегія управління відходами до 2030 року вже визначає необхідність запровадження європейських стандартів у сфері поводження з відходами¹.

У 2017 році уряд України схвалив Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року, яка запроваджує європейські принципи поводження з усіма видами відходів та передбачає перехід до економіки замкнутого циклу. Ця стратегія є основою для розробки та впровадження інтегрованих моделей управління відходами, що враховують специфіку післявоєнного відновлення та сучасні виклики в енергетичному секторі.

У 2019 році Кабінет Міністрів України затвердив Національний план управління відходами до 2030 року, який визначає конкретні заходи та механізми реалізації стратегічних цілей у сфері управління відходами. Цей план передбачає створення ефективної системи управління відходами на інноваційних засадах, впровадження стратегічного планування на національному та регіональному рівнях, а також виконання заходів, спрямованих на реформування та удосконалення системи управління відходами.

Загальні заходи Стратегії реалізуються в три етапи: короткостроковий (2017-2018 роки), середньостроковий (2019-2025 роки), довгостроковий (2026-2030 роки). Етапи реалізації спеціальних заходів Стратегії залежатимуть від реалізації загальних заходів і визначатимуться Національним планом управління відходами. Для того щоб проаналізувати тенденцію ефективності національної стратегії управління відходами, було проаналізовано статистичні показники кількості установок для оброблення відходів (рис. 1).

Аналіз даних, представлених на Рисунку 1, свідчить про істотне зменшення кількості установок для оброблення (переробки) відходів у період з 2017 по 2023 роки, що може бути зумовлено низкою факторів. Впровадження Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року передбачає скорочення кількості таких установок, проте цей процес не супроводжується зниженням їхньої ефективності. Зокрема, встановлена потужність (тис. т) демонструє зростання на тлі зменшення кількості установок для переробки відходів (рис. 2).

¹ Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>

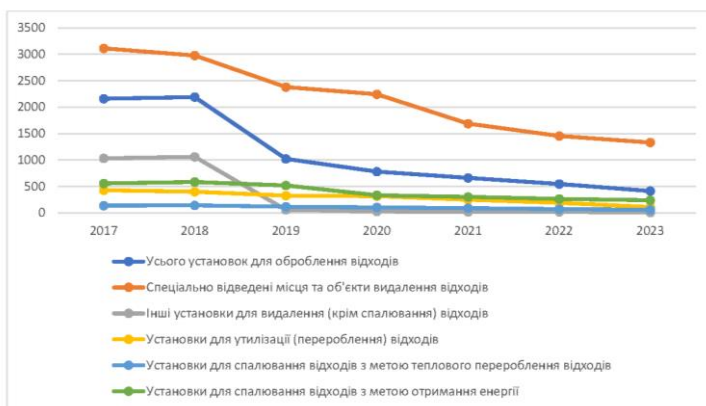


Рис. 1. Кількість установок для оброблення відходів в Україні

Джерело: репрезентовано авторами на основі²

Однак аналіз соціально-економічних факторів останніх п'яти років вказує на нестабільність ситуації в країні, зумовлену пандемією COVID-19, що розпочалася у 2020 році, а також повномасштабним військовим вторгненням у 2022 році, що спричинило значні руйнування цивільної інфраструктури. Ці обставини ускладнюють реалізацію комплексних заходів у сфері управління відходами, оскільки пріоритетними завданнями суспільства є подолання безпекових і гуманітарних викликів.

Попри це, ефективність Національної стратегії управління відходами до 2030 року є помітною, що свідчить про поступовий прогрес у цій сфері. Незважаючи на виклики, Україна досягає певних позитивних результатів, що формує підґрунтя для подальшого вдосконалення системи управління відходами.

У 2025 році уряд України затвердив Національний план управління відходами до 2033 року [3], який є продовженням попередніх стратегічних документів та враховує нові виклики і можливості у сфері управління відходами. Цей план визначає архітектуру національної системи управління відходами в межах інтеграції України до ЄС та містить Національну програму зменшення захоронення біовідходів та Національну програму запобігання утворенню відходів. Серед цільових показників, закладених у Національному плані, є охоплення послугою управління побутовими відходами щонайменше 85% населення країни до 2033 року, збільшення рівня підготовки побутових відходів до

² Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/kusm/arch_kusm_u.htm

повторного використання та рециклінгу, а також зменшення захоронення біовідходів. Таким чином, теоретичні засади інтегрованого управління відходами в Україні базуються на принципах циркулярної економіки, залученні всіх стейкхолдерів до процесу та адаптації до сучасних викликів, що стоять перед енергетичним сектором у період відновлення.

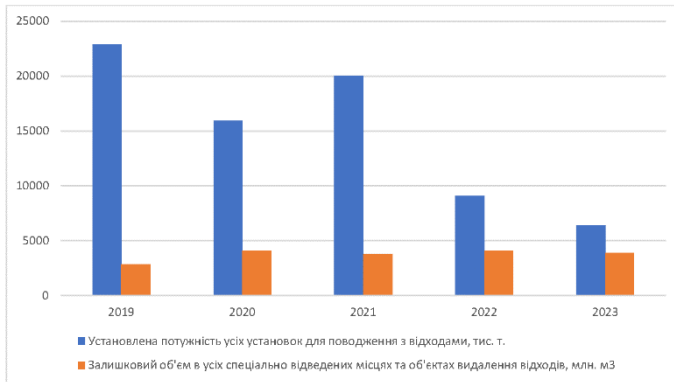


Рис. 2. Порівняльна діаграма установленої потужності та залишкового об'єму перетворення відходів.

Джерело: репрезентовано авторами на основі³

Створення ефективної системи управління відходами передбачає взаємодію чотирьох ключових учасників: держави, регіонів, підприємств і домогосподарств. Кожен із цих елементів відіграє важливу роль у формуванні та реалізації стратегії поводження з відходами, особливо в контексті їх використання для енергетичних потреб. Держава виконує регулюючу та координуючу функцію, встановлюючи загальні правила поводження з відходами, визначаючи екологічні стандарти та запроваджуючи механізми стимулювання утилізації та вторинного використання. Зокрема створенням та впровадженням в діяльність країни нормативно-правових документів різноманітного характеру (табл.1).

Державна політика у сфері управління відходами передбачає інтеграцію європейських принципів, зокрема ієрархії поводження з відходами, що передбачає запобігання утворенню → повторне використання → переробку → утилізацію з виробництвом енергії → захоронення.

³ Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/kusm/arch_kusm_u.htm

Таблиця 1

Основні нормативно-правові документи України у сфері управління відходами

Документ	Зміст	Рік прийняття
Закон України «Про відходи»	Регламентує основи державної політики у сфері поводження з відходами.	1998
Національна стратегія управління відходами до 2030 року	Визначає пріоритети у сфері управління відходами, впровадження циркулярної економіки.	2017
Національний план управління відходами	Включає конкретні заходи щодо впровадження стратегії та розробку місцевих планів.	2019
Закон України «Про управління відходами»	Визначає організаційні, правові, економічні засади діяльності щодо запобігання утворенню, зменшення обсягів утворення відходів.	2023
Національний план управління відходами до 2033 року	Є продовженням попередніх стратегічних документів та враховує нові виклики і можливості у сфері управління відходами.	2025

Джерело: репрезентовано авторами на основі^{4 5 6 7 8}.

Регіональні органи влади адаптують державну політику до місцевих умов, впроваджуючи регіональні стратегії та залучаючи інвесторів до розвитку інфраструктури управління відходами. Вони забезпечують формування регіональних планів управління відходами відповідно до Національної стратегії; розвиток місцевої інфраструктури для сортування, переробки та енергетичного використання відходів; залучення приватних інвесторів та міжнародних партнерів для фінансування переробних заводів і біогазових станцій. Одним із важливих аспектів регіональної політики є створення

⁴ Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/kusm/arch_kusm_u.htm

⁵ Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР : станом на 9 лип. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vp#Text>.

⁶ Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 20.02.2019 № 117-р : станом на 27 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-p#Text>.

⁷ Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-ІХ : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>.

⁸ Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року та визнання такими, що втратили чинність, деяких актів : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 27.12.2024 № 1353-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-p#Text>.

міжмуніципальних кластерів із управління відходами, які дозволяють оптимізувати витрати та забезпечувати раціональне використання ресурсів.

Підприємства відіграють подвійну роль: вони є основними продуцентами промислових відходів, але також можуть брати участь у їх утилізації та використанні в енергетиці. Основні напрями залучення бізнесу до системи управління відходами:

- впровадження технологій вторинної переробки – підприємства можуть переробляти вторинну сировину для зменшення залежності від первинних ресурсів;
- розвиток альтернативної енергетики – використання відходів як джерела енергії, зокрема RDF-палива та біогазу;
- впровадження принципів корпоративної відповідальності – екологічні ініціативи та програми сталого розвитку.

Один із перспективних напрямків – це виробництво RDF-палива (Refuse Derived Fuel), яке може використовуватися у промислових котлах, цементних печах і ТЕЦ.

Таблиця 2

Типи відходів та їх енергетичний потенціал

Тип відходів	Енергетичний потенціал (кВт*год/тонну)	Основні сфери використання
Органічні відходи	500-900	Біогазові станції, комбіновані ТЕЦ
RDF-паливо	3000-5000	Цементні заводи, промислові котли
Пластикові відходи	7000-10000	Піролізні установки, виробництво палива

Джерело: репрезентовано авторами на основі^{9 10}.

Сортування відходів на рівні домогосподарств є фундаментальним елементом ефективної системи управління відходами. Основними проблемами впровадження системи роздільного збору є низький рівень екологічної свідомості населення; відсутність належної інфраструктури для сортування; недостатня економічна мотивація для домогосподарств.

⁹ Біла, С. О., and О. А. Баталов. "Ресурсний потенціал «зеленої економіки» як підґрунтя для формування «точок зростання» на регіональному рівні. Аналітична записка:[Електронний ресурс]." Режим доступу: <https://www.niss.gov.ua/doslidzhennya/regionalniy-rozvitok/resursniy-potencial-zelenoi-ekonomiki-yak-pidgruntya-dlya>.

¹⁰ Ратушняк, Г. С., В. В. Деджула, and К. В. Анохіна. "Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання." (2010). Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/12.html

Ефективними механізмами стимулювання населення до сортування відходів є запровадження системи «розширеної відповідальності виробника», коли частину витрат на переробку упаковки покривають компанії-виробники. Надання податкових пільг домогосподарствам, які беруть участь у програмах сортування. Проведення екологічних кампаній для підвищення рівня обізнаності населення.

2. Моделювання оптимальної взаємодії учасників у системі «держава-регіон-підприємство-домогосподарство»

Ефективне управління відходами є однією з ключових складових сталого розвитку суспільства. В Україні, як і в багатьох інших країнах, система управління відходами включає взаємодію між державними органами, регіональними адміністраціями, підприємствами та домогосподарствами. Оптимізація цієї взаємодії потребує застосування сучасних методів моделювання та аналізу, таких як логіт-модель та метод аналітичної ієрархії (MAI).

Для розуміння сутності досліджуваного питання насамперед необхідно визначити концепцію економіки замкнутого циклу. Даний підхід базується на принципах мінімізації відходів і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Його ключовими аспектами є повторне використання продуктів і матеріалів, а також відновлення природних екосистем¹¹, (рис. 3).

Запровадження економіки замкнутого циклу приносить значні економічні, екологічні та соціальні вигоди. Вона зменшує вплив від імпорту сировини та енергоресурсів, що робить економіку більш стійкою до зовнішніх ризиків, водночас стимулюючи розвиток інноваційних технологій та створення нових ринків, зокрема у сфері вторинної переробки. Це також веде до зростання кількості робочих місць у секторі зеленої економіки, підвищуючи зайнятість населення. З екологічної точки зору, ЕЗЦ скоротити забруднення довкілля, зменшити викид CO₂ та раціонально використовувати природні ресурси, що важливо для збереження екосистем.

Соціальні переваги включають підвищення якості життя громадян за рахунок чистого довкілля та відповідного споживання, а також формування екологічно свідомого суспільства. Крім того, запровадження замкнутих циклів виробництва зменшує енергетичні ризики, сприяє переходу на відновлені джерела енергії та забезпечує енергоефективність, що в довгостроковій перспективі зміцнює енергію.

¹¹ Економіка замкнутого циклу. теплообмінники, сепаратори, декантери | Alfa Laval.
URL: <https://www.alfalaval.ua/industries/energy-and-utilities/sustainablesolutions/sustainable-solutions/circular-economy/>.



Рис. 3. Концептуальна блок-схема економіки замкнутого циклу

Джерело: створено авторами на основі даних^{12 13 14}.

В умовах глобальних екологічних викликів і пізнання природних ресурсів особливої актуальності набуває питання їх ефективного використання та мінімізації відходів. Впровадження принципів раціонального споживання зменшує негативний вплив на довкілля, підвищує рівень економічного виробництва та розвитку суспільства. Тому ефективність економіки замкнутого циклу є дуже важливою. Через це створено формулу для розрахунку індексу ефективності економіки замкнутого циклу (Circular Economy Index):

$$CEI = \frac{RV + RE + RL}{C + W} \quad (1)$$

¹² Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>

¹³ Економіка замкнутого циклу. теплообмінники, сепаратори, декантери | Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/industries/energy-and-utilities/sustainable-solutions/sustainable-solutions/circular-economy/>

¹⁴ Корисні документи | «Український екологічний альянс». «Український екологічний альянс» | збереження та відновлення ресурсів. URL: <http://ukrecoalliance.com.ua/korysni-dokumenty/>

де, CEI – індекс ефективності економіки замкнутого циклу (Circular Economy Index);

RV – вартість вторинного використаних матеріалів (Reused Value);

RE – рівень енергетичної ефективності (Renewable Energy Efficiency);

RL – рівень продовження життєвого циклу продукту (Resource Longevity);

C – загальні витрати на виробництво (Cost);

W – загальна кількість відходів (Waste).

Наведена формула враховує ключові фактори ефективного використання ресурсів та мінімізації відходів. Чим вищий показник CEI, тим ефективніше працює економіка замкнутого циклу. Окрім цього дана формула дозволяє оцінити, наскільки успішно економіка використовує ресурси, скорочує відходи та підвищує стійкість виробничих процесів.

Ефективне використання ресурсів має значні переваги. Воно дозволяє скоротити виробничі витрати, підвищити енергоефективність, знизити рівень забруднення навколишнього середовища та сприяти економічному розвитку. У довгостроковій перспективі це сприяє створенню стійкої економіки, що не тільки забезпечує матеріальні потреби сучасного суспільства, а й зберігає ресурси для майбутніх поколінь.

Особливою важливістю є дотримання в Україні наявної в ЄС ієрархії поводження з відходами. Європейський Союз розробив чітку ієрархію (рис. 4) поводження з відходами, яка спрямована на мінімізацію негативного впливу на довкілля та ефективне використання ресурсів. Ця система вибору оптимальні у сфері управління відходами та є основою для переходу до економіки замкнутого циклу.

Дотримання даної ієрархії є дуже важливим для ефективного управління відходами. По-перше, вона дозволяє суттєво скоротити кількість відходів, які пропускають на полігони, мінімізуючи негативний вплив на довкілля. По-друге, вона сприяє розвитку циркулярної економіки, зменшуючи використання первинних ресурсів та стимулюючи інноваційні технології переробки. По-третє, правильне управління відходами зменшує зменшення викидів парникових газів та забруднення водних ресурсів, що є критичним місцем у боротьбі зі змінним кліматом.

Країни ЄС, що підтримують цю ієрархію, демонструють значний прогрес у скороченні відходів та розвитку екологічно чистих технологій. Наприклад, у Німеччині переробляється близько 67% муніципальних відходів, що є одним із найвищих показників у світі.

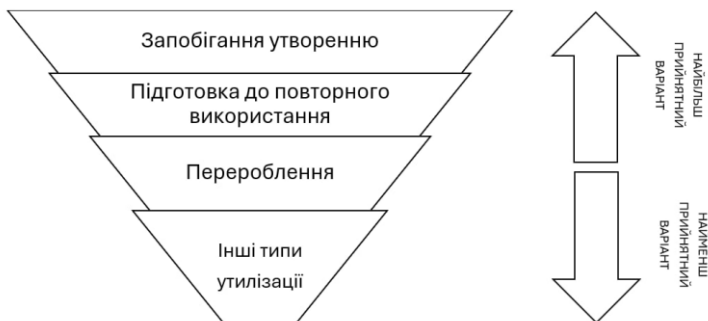


Рис. 4. Ієрархія поводження з відходами

Джерело: створено авторами на основі^{15 16}.

Ієрархія поводження з відходами в ЄС є ефективним інструментом сталого розвитку, що дозволяє зменшити навантаження на довкілля, оптимізувати використання ресурсів та стимулювати економіку замкнутого циклу. Його впровадження є не лише для країни ЄС, а й для держави, яка прагне гармонізувати свої екологічні норми відповідно до європейських стандартів політики.

Управління відходами є складним процесом, що вимагає скоординованої взаємодії між державою, регіонами, підприємствами та домогосподарствами. Ефективна система управління відходами сприяє сталому розвитку, зменшенню негативного впливу на довкілля та покращенню якості життя населення. Для ефективної взаємодії всіх учасників пропонується модель оптимізованої системи управління відходами (рис. 5).

¹⁵ Економіка замкнутого циклу. теплообмінники, сепаратори, декантери | Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/industries/energy-and-utilities/sustainable-solutions/circular-economy/>

¹⁶ Корисні документи | «Український екологічний альянс». «Український екологічний альянс» | збереження та відновлення ресурсів. URL: <http://ukrecoalliance.com.ua/korysni-dokumenty/>.



Рис. 5. Схема взаємодії учасників у системі управління відходами

Джерело: створено авторами на основі даних^{17 18 19}.

Для досягнення ефективної взаємодії між державою, регіонами, підприємствами та домогосподарствами необхідно розробити комплексні моделі управління відходами, які враховують специфіку кожного рівня. Мультифункціональне моделювання регіональної системи управління твердими відходами з урахуванням синергічного ефекту дозволяє визначити оптимальні стратегії та механізми реалізації

¹⁷ Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР : станом на 9 лип. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vp#Text>

¹⁸ Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 20.02.2019 № 117-р : станом на 27 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-p#Text>.

¹⁹ Мельникова, М., Шкригун, В., & Хазанова, Н. (2021). Управління промисловими відходами у місті: інституції, інвестиції, інновації. Економіка та суспільство, (33). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-77>

управлінських рішень. Це сприяє досягненню екологічних, економічних та соціальних цілей сталого розвитку. Наприклад в Національній стратегії про управління відходами в Україні зазначено про необхідність збільшення загальної кількості підприємств (одиниць) з перероблення відходів та збільшення відсотку відходів що направляються на перероблення (%). На рисунку 5 репрезентовано перспективу збільшення даних показників після втілення в життя національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року.



Рис. 6. Перспективи збільшення кількості підприємств які спеціалізуються на утилізації відходів та відсотку відходів які переробляються

Джерело²⁰.

Оптимізація взаємодії між державою, регіонами, підприємствами та домогосподарствами у сфері управління відходами є ключовою умовою для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Комплексний підхід, що включає законодавче регулювання, регіональне планування, відповідальність підприємств та активну участь громадян, дозволяє створити ефективну систему управління відходами, яка відповідає сучасним викликам та потребам суспільства.

3. Перетворення відходів в енергію: перспективи для післявоєнної енергетичної стратегії України

Післявоєнна відбудова України вимагає кардинальних змін у сфері енергетики. Військові дії завдали значної шкоди енергетичній

²⁰ Корисні документи | «Український екологічний альянс». «Український екологічний альянс» | збереження та відновлення ресурсів. URL: <http://ukrecoalliance.com.ua/korynsni-dokumenty/>

інфраструктурі країни, зруйнувавши електростанції, лінії електропередач та газопроводи. В умовах необхідності швидкого відновлення економіки та забезпечення енергетичної незалежності актуальним стає впровадження альтернативних джерел енергії.

Одним із перспективних напрямків є перетворення відходів в енергію Waste-to-Energy (WtE)²¹. Ця технологія дозволяє не тільки ефективно утилізувати тверді побутові та промислові відходи, а й отримувати з них теплову та електричну енергію. У країнах Європи WtE вже давно є важливою складовою циркулярної економіки, тоді як в Україні цей напрямок лише починає розвиватися.

Для того щоб зануритися в дану тематику необхідно розглянути сучасний стан біоенергетики в Україні та ЄС вцілому, ключові технології перетворення відходів в енергію, перспективи розвитку WtE, а також основні виклики та необхідні законодавчі зміни для впровадження цієї технології в післявоєнний період.

За даними показниками EuroStat у 2022 році 22% спожитої енергії було отримано з відновлювальних джерел енергії²². Порівняно з 2021 роком відбулося збільшення на 1.1%. Через це була переглянута «Директива щодо відновлювальних джерел енергії» в сторону збільшення цілі Європейського Союзу щодо відновлювальних джерел енергії до 2030 року з 32% до 42,5% (з метою збільшення до 45%). В зв'язку з цим збільшення країни ЄС активізували свої зусилля для колективного виконання нової поставленої цілі до 2030 року, що вимагає від них збільшення ВДЕ у валовому кінцевому споживанні на території Європейського союзу на 20 в.п.. Найвища частка енергії з ВДЕ в Швеції це 66% (рис. 7), тому Швеція стала лідером у даній специфіці серед країни ЄС надавши гарний приклад для наслідування всім іншим.

Швеція в основному покладається на гідроенергію, енергію вітру, тверде та рідке біопаливо та теплові насоси. Далі йдуть Фінляндія (47,9%), яка також покладається на гідроенергію, вітрову енергію та тверде біопаливо, і Латвія (43,3%), яка покладається в основному на гідроенергію. Данія (41,6%) та Естонія (38,5%) йдуть, одержуючи найбільше відновлюваної енергії з вітру та твердого біопалива. Португалія (34,7%) покладається на тверде біопаливо, вітрові, гідро- та теплові насоси, тоді як Австрія (33,8%) в основному використовує гідро- та тверде біопаливо. Країни з найменшою часткою відновлюваної енергії – Ірландія (13,1%), Мальта (13,4%), Бельгія

²¹ Waste to energy technologies | UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/technology/waste-to-energy-technologies>

²² 23% of energy consumed in 2022 came from renewables. Language selection | European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231222-2>

(13,8%) і Люксембург (14,4%). Загалом 17 із 27 країн-членів ЄС у 2022 році повідомили про частку, нижчу за середній показник по ЄС у 23,0%.

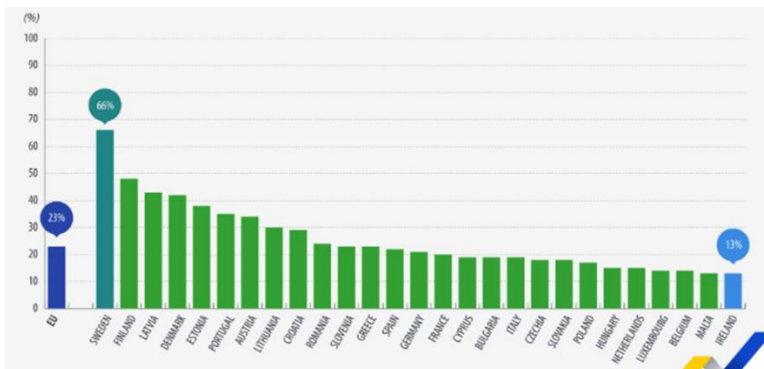


Рис. 7. Частка відновлювальних джерел енергії у країнах ЄС в 2022 р., %

Джерело:²³ вихідний набір даних з джерела²⁴.

Якщо говорити про Україну, то загальні тенденції сфери виробництва електроенергії з ВДЕ не знижуються, а навіть збільшуються не дивлячись на ситуацію в країні. В 2024 році встановлена потужність об'єктів відновлювальних джерел енергії зросла на 238 МВт, порівнюючи з 2022 роком, і на даний момент становить 8773 МВт. Також зараз у цьому секторі працює більше 1000 компаній, які використовуються 1767 об'єктів/установок ВДЕ. Але загальний обсяг виробництва «зеленої» електроенергії не змінився порівняно з 2022 роком, і становить 8 млн МВт-год²⁵ [16].

Управління відходами є одним із ключових викликів сучасного суспільства. Одним із перспективних рішень цієї проблеми є технології перетворення відходів в енергію (waste-to-energy, WtE). Ці технології дозволяють не тільки зменшити обсяг відходів, а й отримати електроенергію, тепло або паливо (табл. 3). Основні методи перетворення відходів в енергію включають спалювання, піроліз, газифікацію, анаеробне зброджування та виробництво біодизеля.

²³ 23% of energy consumed in 2022 came from renewables. Language selection | European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231222-2>.

²⁴ Language selection | European Commission. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/table?lang=en

²⁵ Виробництво електроенергії з ВДЕ у 2023 році – SAF Україна. SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1866/>.

Таблиця 3

Основні технології перетворення відходів в енергію

Технологія	Принцип дії	Типи відходів	Отримувана енергія	Переваги	Недоліки
Спалювання (інсенерація)	Спалювання відходів при високих температурах з отриманням теплової енергії	Побутові, промислові відходи	Електроенергія, тепло	Зменшення обсягу відходів до 90%, виробництво енергії	Викиди CO ₂ , необхідність фільтрації викидів
Піроліз	Нагрівання відходів без доступу кисню для утворення синтетичного газу, рідких і твердих продуктів	Пластик, гума, біомаса	Синтетичний газ, нафтові продукти, вуглецевий залишок	Менше шкідливих викидів, ефективне використання пластмас	Високі витрати на обладнання
Газифікація	Перетворення твердих відходів у синтез-газ (CO, H ₂) при високій температурі	Органічні відходи, деревина, вугілля	Синтетичний газ, електроенергія	Менше токсичних викидів, висока ефективність	Складність технологічного процесу
Анаеробне збро-джування	Розкладання органічних відходів мікроорганізмами у безкисневому середовищі	Харчові відходи, сільськогосподарські залишки, гній	Біогаз (метан), добрива	Виробництво екологічного палива, зменшення забруднення	Повільний процес, потреба у великих резервуарах
Виробництво біодизеля	Хімічна конверсія рослинних олій і відпрацьованих жирів у біопаливо	Відпрацьовані олії, жири	Біодизель, гліцерин	Екологічно чисте паливо, зменшення викидів CO ₂	Потреба у великій кількості сировини

Джерело: розроблено авторами на основі^{26 27 28} [17 – 19].

Впровадження технологій WtE допомагає не тільки мінімізувати кількість відходів, а й сприяє розвитку циркулярної економіки, створенню нових робочих місць та зменшенню залежності від викопного палива.

Післявоєнне відновлення України потребуватиме масштабного реформування системи управління відходами, що спричинено

²⁶ Огляд сучасного стану сталих технологій для енергетичної утилізації твердих побутових відходів / В. Чупа та ін. Ecological Safety and Balanced Use of Resources. 2021. № 1(23). С. 115–123. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1\(23\)-115-123](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1(23)-115-123).

²⁷ Інноваційна технологія, що дозволяє отримувати енергію з харчового сміття | Журнал Ecobusiness. Журнал Ecobusiness. Екологія підприємства | ecolog-ua.com. URL: <https://surl.li/ijrxrm>

²⁸ Перепробка відходів у енергію та важливість – Environment Go!. Environment Go!. URL: <https://surl.li/uzvviy>.

руйнацією інфраструктури, збільшенням обсягів будівельних і промислових відходів, а також необхідністю забезпечення енергетичної незалежності. У цьому контексті технології перетворення відходів в енергію (WtE) можуть стати важливим елементом стратегії відновлення країни. Однак їх впровадження потребує подолання низки викликів та адаптації законодавчої бази до нових умов.

Військові дії призводять до значного накопичення руйнувань, що формує великі обсяги будівельних відходів, включаючи бетон, метал, деревину та небезпечні речовини (азбест, важкі метали). Відсутність ефективної системи їх сортування та переробки ускладнює використання WtE-технологій, оскільки вони потребують якісного сировинного потоку. Деталі основних викликів та необхідні законодавчі зміни для впровадження даної технології в післявоєнний період репрезентовано в таблиці 4.

Таблиця 4

Основні виклики та шляхи їх подолання для впровадження WtE-технологій в Україні

Виклик	Опис проблеми	Можливі шляхи вирішення
Збільшення обсягів відходів	Велика кількість будівельних, побутових і промислових відходів після війни	Впровадження централізованої системи збору та сортування відходів, переробка вторинної сировини
Відсутність інфраструктури	Нестача сучасних WtE-заводів, застарілі полігони	Державна підтримка будівництва нових підприємств, залучення інвесторів
Фінансові обмеження	Висока вартість будівництва WtE-заводів	Податкові пільги, "зелені" тарифи, міжнародні гранти та кредити
Громадський спротив	Побоювання щодо екологічних ризиків	Інформаційні кампанії, громадські слухання, екологічний моніторинг
Недосконале законодавство	Законодавча база не стимулює розвиток WtE	Гармонізація з директивами ЄС, введення квот на переробку та використання вторинних ресурсів
Екологічні ризики	Можливі викиди забруднюючих речовин	Впровадження жорстких екологічних норм, застосування сучасних технологій очищення газів

Джерело: створено авторами на основі^{29 30} [20, 21].

²⁹ Енергія з відходів – крок до циркулярної економіки. Українська Енергетика. URL: <https://surl.li/evgnbb>

³⁰ Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні – Аналітична записка UABIO 22. ► Short URL service | Surli – FREE Short Links. URL: <https://surl.li/omhnmmb>.

Таблиця 4 демонструє ключові проблеми, з якими стикається Україна у впровадженні технологій перетворення відходів в енергію, а також пропонує можливі шляхи їх вирішення. Основний акцент зроблено на необхідності державної підтримки, фінансових стимулів, інвестицій, інформування громадськості та гармонізації законодавства з європейськими стандартами. Ця таблиця дозволяє структурувати основні виклики та запропоновані рішення, що є важливим етапом у розробці ефективної стратегії розвитку сектору WtE в післявоєнний період.

Україна рухається у напрямку інтеграції до ЄС, що вимагає адаптації законодавства до директив Європейського Союзу, зокрема Директиви 2008/98/ЄС³¹ про відходи та Директиви 2010/75/ЄС³² про промислові викиди. Це передбачає створення нормативної бази, яка стимулює переробку відходів та пріоритетність енергетичної утилізації перед захороненням.

Для залучення інвесторів необхідні фінансові стимули, такі як:

- "зелені" тарифи на електроенергію, отриману з WtE-технологій;
- державні гранти та пільгове кредитування для будівництва переробних заводів;
- податкові пільги для компаній, що інвестують у цю сферу.

Для ефективної роботи WtE-заводів необхідно розробити механізми контролю за потоками відходів, зокрема запроваджувати обов'язкове сортування сміття для відокремлення придатних для переробки матеріалів; та створення системи збору та транспортування відходів до WtE-об'єктів.

Законодавство має містити жорсткі екологічні норми, що регулюватимуть допустимі рівні викидів та вимоги до систем очищення диму, відповідно до європейських норм. Необхідно розробити державні програми з інформування населення щодо переваг WtE, їх екологічної безпеки та користі для економіки. Також слід впровадити механізми громадських слухань та консультацій перед будівництвом об'єктів.

Післявоєнне відновлення України створює унікальні можливості для розвитку сучасних методів управління відходами, зокрема технологій перетворення відходів в енергію. Проте для їх ефективного впровадження необхідне усунення низки викликів, таких як нестача інфраструктури, фінансування, громадський спротив та законодавчі

³¹ Про відходи та скасування деяких Директив : Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text

³² Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегрований підхід до запобігання забрудненню та його контролю) : Директива Європ. Союзу від 24.11.2010 № 2010/75/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text

прогалини. Внесення змін до законодавства, гармонізація з європейськими нормами та створення економічних стимулів дозволять реалізувати ці технології на практиці та сприятимуть розвитку циркулярної економіки в Україні.

ВИСНОВКИ

У сучасних умовах управління відходами є не лише екологічною, а й стратегічною проблемою, що безпосередньо впливає на сталий розвиток економіки та енергетичну безпеку України. Традиційні підходи, засновані на захороненні відходів, є застарілими та неефективними, тому необхідний перехід до моделі циркулярної економіки. Впровадження інтегрованої системи управління відходами дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля, оптимізувати використання ресурсів і створити умови для енергетичної незалежності країни. Одним із ключових напрямків цієї стратегії є використання відходів як вторинної сировини та джерела енергії, що особливо важливо в умовах післявоєнного відновлення України.

Європейський досвід демонструє, що ефективна система поводження з відходами передбачає їх роздільний збір, вторинну переробку, а також виробництво енергії з органічних залишків і твердих побутових відходів. В Україні ця модель лише починає активно розвиватися, однак впровадження Національної стратегії управління відходами до 2030 року закладає основи для модернізації цієї сфери. Серед ключових викликів варто виокремити нестачу сучасної інфраструктури, низький рівень екологічної свідомості населення, обмежене фінансування та необхідність гармонізації законодавства з європейськими стандартами. Подолання цих бар'єрів потребує комплексного підходу, що включає державне регулювання, залучення інвесторів, розвиток технологій переробки та активну участь суспільства.

Одним із перспективних рішень є застосування технологій перетворення відходів в енергію (waste-to-energy, WtE), які дозволяють не лише скоротити обсяги сміття, а й забезпечити виробництво теплової та електричної енергії. Такі технології широко використовуються у країнах ЄС, де вони є невід'ємною частиною циркулярної економіки. В Україні їхній розвиток стримується через законодавчі обмеження, високі витрати на впровадження та недостатню поінформованість громадськості. Проте в умовах післявоєнного відновлення, коли країна потребує нових джерел енергії, використання WtE може стати стратегічно важливим напрямком.

Держава відіграє ключову роль у процесі реформування системи управління відходами. Необхідно впроваджувати стимули для бізнесу,

що інвестує в переробку та утилізацію відходів, розвивати регіональну інфраструктуру та створювати умови для міжнародного партнерства у цій сфері. Важливим аспектом є формування екологічної культури серед населення, адже сортування відходів і відповідальне споживання є основою для успішної реалізації циркулярної економіки.

У післявоєнний період Україна має унікальну можливість не лише відновити, а й модернізувати свою систему управління відходами, використовуючи найкращі європейські практики. Важливо не лише збільшувати кількість підприємств, що спеціалізуються на переробці відходів, а й підвищувати ефективність їхньої роботи, впроваджуючи інноваційні технології. Використання відходів як альтернативного джерела енергії дозволить зменшити залежність від імпортних енергоресурсів, знизити навантаження на довкілля та створити нові робочі місця.

Загалом, успішне впровадження інтегрованої моделі управління відходами потребує комплексних реформ, стратегічного планування та активної участі всіх зацікавлених сторін – держави, бізнесу та громадян. Тільки завдяки системному підходу можна забезпечити ефективне використання ресурсів, мінімізувати негативний вплив відходів на навколишнє середовище та створити умови для сталого розвитку країни. Впровадження сучасних технологій, державна підтримка, освітні програми та міжнародне співробітництво є тими інструментами, які дозволять Україні здійснити перехід до економіки замкнутого циклу та інтегруватися у європейський екологічний простір.

АНОТАЦІЯ

Дана робота присвячена аналізу інтегрованих підходів до управління відходами та їхньої ролі у формуванні сталої енергетичної системи України. Досліджено ключові принципи циркулярної економіки та їх значення для екологічної безпеки країни. Проаналізовано сучасні виклики у сфері поводження з відходами, зокрема їх зростання внаслідок військових дій. Визначено законодавчі та стратегічні ініціативи, що сприяють переходу до замкнутого циклу економіки. Розглянуто основні механізми фінансування реформ у сфері управління відходами та залучення інвестицій. Оцінено потенціал використання відходів як вторинної сировини та джерела відновлюваної енергії. Досліджено вплив державної політики на регіональне планування та впровадження інноваційних технологій. Наведено приклади ефективних європейських практик, які можуть бути адаптовані в Україні. Висвітлено перспективи розвитку сектору утилізації та переробки відходів у післявоєнний період. Зроблено

висновки щодо необхідності міжсекторальної співпраці для формування ефективної системи управління відходами.

Фінансування. Ця робота була підтримана Міністерством освіти і науки України (науково-дослідна тема 0123U100112 «Післявоєнне відновлення енергетики України: оптимізація управління відходами з урахуванням здоров'я населення, екологічних, інвестиційних, податкових детермінант») а також Європейським Союзом (project No. 10112749 – EnergyS4UA – ERASMUS – JMO-2023-HEI-TCH-RSCH).

Література

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>

2. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/kusm/arch_kusm_u.htm

3. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР : станом на 9 лип. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vr#Text>

4. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 20.02.2019 № 117-р : станом на 27 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-p#Text>.

5. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>.

6. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2033 року та визнання такими, що втратили чинність, деяких актів : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 27.12.2024 № 1353-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-p#Text>.

7. Біла, С. О., and О. А. Баталов. "Ресурсний потенціал «зеленої економіки» як підґрунтя для формування «точок зростання» на регіональному рівні. Аналітична записка:[Електронний ресурс]." Режим доступу: <https://www.niss.gov.ua/doslidzhennya/regionalniy-rozvitok/resursniy-potencial-zelenoi-ekonomiki-yak-pidgruntya-dlya>.

8. Ратушняк, Г. С., В. В. Джеджула, and К. В. Анохіна. "Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання." (2010). Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/12.html

9. Економіка замкненого циклу. теплообмінники, сепаратори, декантери | Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/industries/energy-and-utilities/sustainablesolutions/sustainable-solutions/circular-economy/>.

10. Корисні документи | «Український екологічний альянс». «Український екологічний альянс» | збереження та відновлення ресурсів. URL: <http://ukrecoaliance.com.ua/korysni-dokumenty/>.

11. Країни Європейського Союзу суттєво збільшили рівень утилізації відходів. Зелена Трансформація України. URL: <https://greentransform.org.ua/krayiny-yevropejskogo-soyuzu-suttyevo-zbilshyly-riven-utylizatsiyi-vidhodiv/>.

12. Мельникова, М., Шкригун, В., & Хазанова, Н. (2021). Управління промисловими відходами у місті: інституції, інвестиції, інновації. Економіка та суспільство, (33). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-77>

13. Waste to energy technologies | UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/technology/waste-to-energy-technologies>.

14. 23% of energy consumed in 2022 came from renewables. Language selection | European Commission. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231222-2>.

15. Language selection | European Commission. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/table?lang=en.

16. Виробництво електроенергії з ВДЕ у 2023 році – SAF Україна. SAF Україна. URL: <https://saf.org.ua/news/1866/>.

17. Огляд сучасного стану сталих технологій для енергетичної утилізації твердих побутових відходів / В. Чупа та ін. Ecological Safety and Balanced Use of Resources. 2021. № 1(23). С. 115–123. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1\(23\)-115-123](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1(23)-115-123).

18. Інноваційна технологія, що дозволяє отримувати енергію з харчового сміття | Журнал Ecobusiness. Журнал Ecobusiness. Екологія підприємства | ecolog-ua.com. URL: <https://surl.li/ijrxrm>.

19. Переробка відходів у енергію та важливість – Environment Go!. Environment Go!. URL: <https://surl.li/uzvyyi>.

20. Енергія з відходів – крок до циркулярної економіки. Українська Енергетика. URL: <https://surl.li/evgnbb>.

21. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні – Аналітична записка UABIO 22. ➤ Short URL service | Surli – FREE Short Links. URL: <https://surl.li/omhnm>.

22. Про відходи та скасування деяких Директив : Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text.

23. Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегрований підхід до запобігання забрудненню та його контролю) : Директива Європ. Союзу від 24.11.2010 № 2010/75/ЄС. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text.

Information about the authors:

Matvieieva Yuliia Anatoliivna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at the Oleg Balatskyi Department of Management
Sumy State University
116, Kharkivska St., Sumy, 40007, Ukraine

Rosokhata Anna Serhiivna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at the Department of Marketing
Sumy State University
116, Kharkivska St., Sumy, 40007, Ukraine

Bohdan Eduard Ivanovych,

Student majoring in Management
Sumy State University
116, Kharkivska St., Sumy, 40007, Ukraine