

УДК 502.174(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2025-1.07>

Людмила ЯЩУК

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

l_yashchuk@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8975-851X

Наталія СВОЯК

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри екології, Черкаський державний технологічний університет

n.svoiak@chdtu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4531-1171

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Анотація. *Мета роботи* – проведення критичного аналізу сучасних методів та технологій утилізації сміття, що використовуються в країнах ЄС для оцінки доцільності та ефективності їх використання в українській практиці при реформуванні вітчизняної галузі поводження з відходами. **Методологія.** Дослідження проводилися на основі опрацювання наукових, нормативних та методологічних літературних джерел за тематикою статті. **Наукова новизна** роботи полягає у комплексному аналізі успіхів реформування галузі поводження з відходами в Україні з подальшою оцінкою перспектив впровадження сучасних технологій утилізації сміття в нашій країні. **Висновки.** Аналіз сучасних тенденцій в українській системі поводження з відходами дозволяє зробити такі висновки: 1. В Україні відбувається реформування галузі управління та поводження з відходами відповідно до європейської політики циркулярної економіки. Значно розширені права та обов'язки органів місцевого самоврядування в галузі поводження з відходами. 2. Сучасні технології утилізації відходів є дороговартісними і для впровадження їх в Україні необхідно поєднання державної політики, формування культури і відповідальності місцевих громад відносно накопичення відходів та залучення іноземних інвестицій. 3. Підсумки результатів першого етапу Національної стратегії управління відходами показали необхідність вироблення чітких критеріїв контролю за виконанням цільових показників на всіх етапах реалізації стратегії. В умовах російсько-української війни державне та місцеве фінансування заходів, спрямованих на поводження з відходами є мінімізованим і стосується переважно підтримання існуючої інфраструктури. 4. Захоронення сміття на полігонах залишається головним способом утилізації відходів в Україні. Роздільний збирання відходів та їх сортування на рівні споживача знаходиться в зародковому стані. Вторинна переробка сміття в країні пов'язана із окремими приватними установами та не має комплексної державної підтримки. 5. Будівництво сміттєспалювальних заводів в Україні є недоцільним через високу вартість та значні екологічні наслідки для довкілля.

Ключові слова: відходи, утилізація, технології, реформування, сміттєспалювальний завод, роздільний збір, сортування.

Liudmyla YASHCHUK

Candidate of Sciences in Chemistry (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology, Cherkasy State Technological University

l_yashchuk@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8975-851X

Nataliia SVOIAK

Candidate of Sciences in Biology (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology, Cherkasy State Technological University

n.svoiak@chdtu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4531-1171

ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF MODERN WASTE MANAGEMENT TECHNOLOGIES IN UKRAINE

Abstract. *The aim of the study* conducting a critical analysis of modern waste disposal methods and technologies used in EU countries to assess the expediency and effectiveness of their use in Ukrainian practice while reforming the national industry of waste management. **The research methodology.** The research was conducted on the basis of the study of scientific, normative and methodological literary sources on the subject of the article. **The scientific novelty of the work** consists in a comprehensive analysis of the success of the reform of the waste management industry in Ukraine with a further assessment of the prospects for the introduction of modern waste disposal technologies in our country. **Conclusions.** The analysis of modern trends in the Ukrainian waste management system allows us to draw the following conclusions: 1. Ukraine is reforming the field of waste management and management in accordance with the European circular economy policy. Significantly expanded rights and obligations of local self-government bodies in the field of waste management. 2. Modern waste disposal technologies are expensive, and for their implementation in Ukraine, a combination of state policy, cultural formation and responsibility of local communities regarding waste accumulation and attracting foreign investment is necessary. 3. The results of the first stage of the National Waste Management Strategy showed the need to develop clear criteria for monitoring the implementation of target indicators at all stages of strategy implementation. In the conditions of the Russian-Ukrainian war, state and local funding of measures aimed at waste management is minimized and concerns mainly the maintenance of the existing infrastructure. 4. Landfilling waste remains the main method of waste disposal in Ukraine. Separate waste collection and sorting at the consumer level is in its infancy. Recycling waste processing in the country is associated with individual private institutions and does not have comprehensive government state support. 5. The construction of waste incineration plants in Ukraine is impractical due to the high cost and significant ecological consequences for the environment.

Key words: waste, utilization, technologies, reformation, waste incineration plant, separate collection, sorting.

Постановка проблеми. Проблема накопичення відходів та необхідність їх утилізації є актуальною для усіх країн світу. Сучасні інноваційні технології утилізації відходів в європейських країнах зосереджені на реалізації технологій циркулярної економіки на всіх етапах життєвого циклу продукції, наслідком чого є зменшення кількості відходів. Україна за обсягом утворення та накопичення відходів в довкіллі займає перше місце в Європі. Домінування в національній економіці ресурсомістких та багатовідходних технологій, застаріла технологічна база підприємств, військові дії, зумовлюють значні обсяги утворення та нагромадження відходів.

Підписання угоди про асоціацію з країнами ЄС зумовило реформування галузі управління відходами з метою впровадження та використання технологій ресайклінгу. Сучасні технології відкривають нові можливості для ефективного екологічного управління відходами. Крім того, в розвинутих країнах Світу запроваджуються передові технології піролізу та газифікації для отримання синтетичної сировини з найскладніших відходів. Перспективним є використання штучного інтелекту для оптимізації процесу сортування та створення замкнутих циклів перероблення, де рештки продукції одного виробництва стають сировиною для іншого. Різноманітність технологій утилізації сміття, їх вартість та безпечність для довкілля

потребують детального аналізу для вивчення можливості та доцільності їх використання в Україні.

Аналіз джерел та останніх досліджень. Основна директива у сфері управління відходами, якою керуються країни ЄС – Директива 2008/98/ЄС про відходи. Згідно з нею, пріоритетом у поводженні з відходами є дії, спрямовані на запобігання їх утворення та повторне використання. Захоронення допустиме лише для сміття, яке не має перспектив вторинної переробки [15]. Поводження з відходами визначається законодавчою базою країни, контролюється владою та регулюється економічно. Необхідні засоби на переробку відходів виділяються державою (за рахунок збору податків) й акумулюються в спеціальних екологічних фондах на місцевому й державному рівні [14]. В усіх економічно розвинених країнах на рівні урядів розроблені та діють програми, які включають заходи щодо кваліфікованого обстеження відходів на предмет ресайклінгу [10].

Першим етапом сучасної технології утилізації є сортування та розділення відходів на фракції за складом та розмірами. Існує дві технології роздільного збирання твердих побутових відходів (ТПВ). Перша: збираються всі групи фракцій, що підлягають переробці (папір, картон, скло, пластик тощо), видаляються вологі органічні відходи та забруднені фракції. Ця технологія дозволяє переробити до 30% вхід-

ного потоку відходів. Друга технологія передбачає попередній розподіл фракцій, що підлягають переробці. Як правило, це папір, картон, скло, пластик (пляшки) та метали (алюмінієві бляшанки): за цих умов переробляється до 40% змішаного сміття. Витрати на переробку становлять до 250 євро/т для невеликих переробних ліній [5]. Важливим кроком вперед в політиці управління відходами є залучення до сортування споживачів продукції на рівні окремих господарств та муніципальних служб.

Затверджена в країнах Європи методика роздільного збирання ТПВ передбачає різні технологічні схеми. Зокрема, у Швеції міська влада зобов'язана планувати ресайклінг відходів на своїй території. Країна реалізує технологію «енергія-зі-сміття, завдяки чому 99% відходів використовується як паливо для електростанцій [12]. Однією з найрозвиненіших за технічним рівнем є німецька система управління відходами. Досягнуті рівні обробки різних потоків відходів, набагато перевищують середні по Європі. З 2016 року в цій країні з «вторинної сировини» вироблялося 68% паперу, 94% скла і 45% сталі [8]. У Данії законодавчо заборонено полігонне захоронення відходів, які можна спалювати з отриманням теплової та електричної енергії. Сміттєспалювальні заводи Данії, інтегровані в систему тепло- і електропостачання міст [9].

Технологія «енергія зі сміття» пов'язана із будівництвом значної кількості сміттєспалювальних заводів в кінці XX ст. На сьогодні технології спалювання відходів при високій температурі широко використовуються у всьому світі. Спільне спалювання твердих відходів з кількох джерел на заводах з переробки відходів в енергію дозволяє утилізувати 95% відходів, з показниками рекуперації енергії від 27,6% до 63,3% [17]. Разом з тим, через екологічні наслідки будівництво нових сміттєспалювальних заводів не підтримується європейською екологічною спільнотою. Технології термічної утилізації потребують будівництва заводів з постійним моніторингом складу та обсягів викидів в атмосферу, та регулюванням вхідного потоку сировини з дотриманням вимог термообробки. Найбільша ефективність роботи сміттєспалювальної установки досягається завдяки великим безперервним обсягам відходів. Ефективність застосування сміттєспалювальної тех-

нології зменшується за умови попереднього видалення низки фракцій для переробки. Через ефективність вторинної переробки ТПВ в європейських країнах, необхідність сміттєспалювальних заводів є під питанням, оскільки для забезпечення їх безперервної роботи вимушено закуповується традиційне паливо [3].

Сучасні технології переробки пластикових матеріалів поділяються на механічні, хімічні та термічні. Найбільш широко поширена технологія механічної переробки. Технології хімічної переробки поєднують сольволіз, каталітичну та ферментативну деполімеризацію. Останні інновації включають низькоенергетичний каталізований метаноліз, який проводиться при кімнатній температурі, при цьому досягається висока селективність у виході мономеру [18]. Для руйнування пластикових відходів в безкисневих умовах використовують технологію термічної переробки. Піроліз і гідрокрекінг проводяться з використанням каталізаторів. Технології термічної переробки пластику мають різну ефективність, вартість і вплив на навколишнє середовище. Для підвищення економічної ефективності процесу використовується комбінація методів [13].

Повторне використання органічних відходів передбачає їх утилізацію шляхом компостування а також використання технологій отримання біогазу та біодобрив. Сучасні технології переробки органічних решток (ферментація та біоконверсія) дозволяють отримати біополімери та біопаливо. Наприклад, з 1 кг твердих органічних відходів можна отримати 100–110 л біоводню та 50–60 літрів біометану [4]. При використанні інтегрованих технологій біопереробки целюлозно-паперових решток отримуються високоцінні матеріали: вуглецеве волокно, біопластик, біопаливо (біоводень, біометан), наноцелюлоза, гідровугілля [2].

Піро- та гідрометалургія, електрохімічна переробка та комбінації методів підвищують ефективність переробки металевих брухтів. Головною проблемою такого ресайклінгу є наявність домішок у перероблених металевих відходах [11].

Сучасні інновації поводження з відходами передбачають впровадження цифрових технологій та штучного інтелекту в систему муніципального управління відходами. Зокрема, в Катарі муніципальна влада користується результатами

інтеграції аналітичного ієрархічного процесу та генетичних алгоритмів для комплексного оцінювання варіантів утилізації з метою їх оптимізації [14]. Інноваційним методом управління відходами може бути застосування технології блокейнів. Ця цифрова система дозволяє здійснювати постійно і незмінно запис транзакцій в системі: влада-управління відходами, що може покращити ефективність та безпеку муніципальних послуг в цьому секторі [16].

Метою статті є проведення критичного аналізу сучасних методів та технологій утилізації сміття, що використовуються в країнах ЄС для оцінки доцільності та ефективності їх використання в українській практиці при реформуванні вітчизняної галузі поводження з відходами.

Виклад основного матеріалу Реформування галузі управління та поводження з відходами в Україні передбачає три етапи. Аналіз результатів першого етапу (2017–2018 рр.) Національної стратегії управління відходами представлено у таблиці 1.

Прийнята в 2017 р. Національна стратегія управління та поводження з відходами в Україні навіть до початку військових дій реалізувалась повільно. Чимало запланованих заходів та цільових показників першого етапу реалізації Національної стратегії управління відходами не виконано. В країні відсутня узагальнена статистична інформація про обсяги повторного використання відходів, переробки відходів, кількості потужностей з компостування відходів та ін. [1].

Загальною тенденцією для України, на відміну від європейських держав, залишається

високий показник захоронення відходів на полігонах. Гармонізація галузі управління відходами із європейськими вимогами потребує впровадження технологій повторного використання та відновлення, і лише потім захоронення відходів на екологічно безпечних полігонах. Разом з тим у і 2024 році домінуючим способом поводження з відходами в нашій країні, як і попередні роки, залишається захоронення на сміттєвих полігонах. Тарифікація захоронення сміття на полігоні в європейських країнах включає податок за захоронення сміття (його встановлює місцевий орган влади) та плата, яку встановлює оператор полігону. В середньому це складає 17 євро/т (податок) та 155 євро/т (плата за захоронення сміття). В Україні середній тариф на захоронення ТПВ становив 2 євро/т у 2021 р. За таких умов бізнесовим структурам вигідніше платити за захоронення, ніж впроваджувати сучасні технології по мінімізації обсягів утворених викидів. Реформування галузі поводження з відходами повинно супроводжуватись змінами вітчизняного законодавчого регулювання в області тарифування згідно європейських підходів. На сьогодні сфера встановлення тарифів є обов'язком органу місцевого самоврядування, але Кабінет Міністрів України визначає порядок їх формування [6].

На основі методичних рекомендацій, запропонованих Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, в регіонах розроблені та реалізуються Регіональні програми управління відходами. В більшості областей передбачається впровадження сучасних екологічних технологій у сфері поводження із

Таблиця 1

Результати першого етапу Національної стратегії управління відходами в Україні

Показники	План	Реалізація
Створення мережі центрів більш чистих виробництв (технологій) для мінімізації обсягів відходів	5	Інформація відсутня
Зменшення обсягів використання первинної сировини (%)	90	85
Запровадження у населених пунктах роздільного збирання відходів, які придатні до повторного використання та перероблення (од.)	575	800
Утворення центрів із збирання відходів для їх ремонту з метою повторного використання (насамперед відходів електричного та електронного обладнання) (од.)	25	Інформація відсутня
Створення нових потужностей з переробки вторинної сировини (од.)	100	65
Створення потужностей з компостування біовідходів (од.)	70	20
Збільшення обсягів відходів, що спрямовуються на перероблення (%).	5	2,37
Будівництво стаціонарних потужностей з термічної утилізації відходів (од.)	3	1
Зменшення кількості місць для видалення побутових відходів (відповідно до Директиви 1999/31/ЄС (од.)	5000	6107
Зменшення обсягу захоронення побутових відходів (%)	80	93,5

сміттям. Це переважно стосується первинного сортування ТПВ та більш широкого вторинного використання решток з урахуванням можливостей циркулярної економіки. Витрати на переробку відходів в європейських країнах в середньому становлять до 250 євро/т для невеликих переробних ліній. Вартість інвестицій в експлуатацію обладнання різних технологій роздільного збирання ТПВ представлена в таблиці 2. Для українських місцевих громад ці капіталовкладення можуть стати гальмуючою ланкою при залученні приватних компаній, що займатимуться сортуванням змішаного сміття.

Переробка з використанням роздільного збирання ТПВ на рівні споживачів дозволяє зменшити розмір інвестицій, необхідних для будівництва інфраструктурних об'єктів, але культура сортування відходів в нашій країні знаходиться в зародковому стані. Наявність контейнерів для роздільного збору сміття є вже типовою для більшості великих та середніх міст України. Разом з тим, культура їх заповнення значно знижує обсяги відсортованого сміття. В сільських громадах та невеликих містах сортування відходів на рівні споживачів та відсутність відповідної інфраструктури практично відсутня. Для громадян та юридичних осіб є можливість здавати вторинну сировину (папір, скло, пластик, металобрухт) у пункти прийому вторинної сировини. В Україні цим

займаються переважно маргіналізовані верстви населення.

Інвестиційні програми управління відходами є коштують від 20 до 100 млн. євро, тому місцева влада орієнтується на державне фінансування. На жаль, військові дії на території нашої країни призвели до сповільнення реалізації цих програм, оскільки пріоритетними у державному фінансуванні є військові галузі господарства. Спостерігається перманентне звуження інвестиційної участі держави й територіальних громад у процесах ефективного поводження з відходами. Фінансове забезпечення системи управління побутовими відходами на прикладі Черкаської області (центрального регіону України) представлено в таблиці 3.

Аналіз даних свідчить, що діяльність у сфері управління відходами проводилася всього лише за 4 напрямками, які спрямовані лише на підтримання існуючої інфраструктури в цій галузі. Проведені дослідження показали, що в структурі сміття м. Черкаси (обласного центру Черкаської області) близько 35–40% ТПВ придатні після сортування на сміттесортувальній станції до вторинного використання (рис. 1), але коштів на розвиток ресайклінгу та залучення нових технологій утилізації відходів не передбачено.

Повільні темпи реалізації політики роздільного збирання вторинних відходів від насе-

Таблиця 2

Орієнтовна вартість різних методів переробки сміття

Способи переробки відходів	Можливий рівень переробки, %	Питомі інвестиції євро/т
Збір та переробка змішаного потоку відходів	5–20	100–250
Переробка з відокремленням органічних відходів	15–30	200–300
Переробка роздільним збиранням відходів (4 і більше фракцій)	30–40	300–400
Вироблення біогазу з органічної біомаси	20–30	300–500
Компостування (аеробне зброджування)	30–40	400–600
Спалювання відходів з виробництвом енергії	80–85	800–1200

Таблиця 3

Фінансове забезпечення системи управління побутовими відходами в Черкаській області (тис. грн)

Показник	Роки				
	2016	2017	2018	2019	2020
Реконструкція полігонів	3211,8	3002,1	121,7	0	397,6
Оновлення парку спецавтотранспорту	0	0	16955,6	24647,7	13051,7
Оновлення контейнерного парку	1111,6	3226,3	10726,7	6811,3	1763,7
Інші витрати	28641,5	22504,7	5245,7	30466,8	9825,6



Рис. 1. Структура ТПВ м. Черкаси щодо можливості вторинного використання

лення, застосування технологій сортування сміття на рівні споживачів, незначні обсяги зібраних відходів гальмують розвиток інфраструктури ресайклінгу ресурсоцінних компонентів відходів. У зв'язку із переповненням місцевого смітцевого полігону влада м. Черкаси шукає інвесторів для будівництва сміттєспалювального заводу.

Практика термічної утилізації сміття є поширеною технологією в Європі. В Україні діє лише один сміттєспалювальний завод «Енергія», побудований в Києві. Завод приймає 500–600 тонн відходів на добу або 250 тис. тонн на рік. Це близько 25% побутових відходів

м. Києва. Підприємство виробляє 200 тисяч Гкал теплової енергії на рік, що заміщує до 30 млн м³ газу. На заводі встановлені електрофільтри, що збирають пил і шкідливі речовини із димових газів. Запланований останній етап модернізації системи очистки димових газів, за результатами якого норми викидів відповідатимуть стандартам Європейського Союзу загальмовано у зв'язку з військовими діями. На сьогодні викиди заводу вдвічі менші за вітчизняні екологічні нормативи, але суттєво поступаються європейським аналогам (рис. 2).

Будівництво сміттєспалювального заводу є високотехнологічним, потребує значних капі-

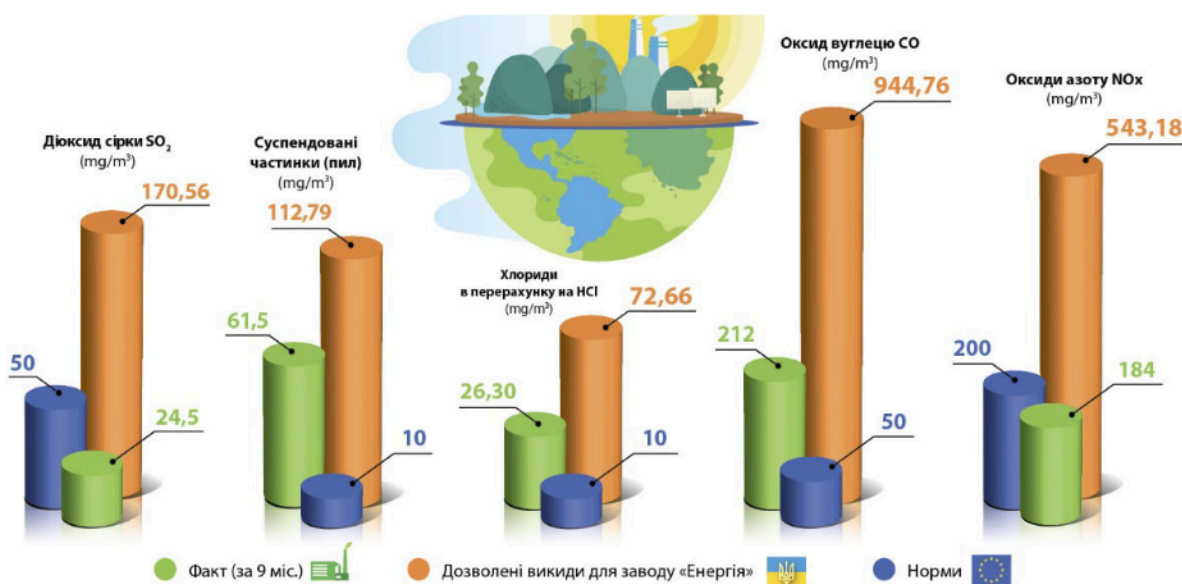


Рис. 2. Інфографіка відповідності викидів СЗ «Енергія» вітчизняним та європейським стандартам безпеки [7]

тальних вкладень, щорічних витрат на його експлуатацію, висококваліфікованих працівників, великих обсягів води та споживачів пари, джерел збуту побічних продуктів спалювання відходів. Технології спалювання відходів, системи моніторингу та контролю викидів подібних об'єктів свідчать про те, що всі ініціативи будівництва сміттєспалювальних заводів в Україні суперечать концепції циркулярної економіки та безпечної екології.

Висновки. Аналіз сучасних тенденцій в українській системі поводження з відходами дозволяє зробити такі висновки: 1. В Україні відбувається реформування галузі управління та поводження з відходами відповідно до європейської політики циркулярної економіки. Значно розширені права та обов'язки органів місцевого самоврядування в галузі поводження з відходами. 2. Сучасні технології утилізації відходів є дороговартісними і для впровадження їх в Україні необхідно поєднання державної політики, формування культури і від-

повідальності місцевих громад відносно та залучення іноземних інвестицій. 3. Підсумки результатів першого етапу Національної стратегії управління відходами до 2030 року показали необхідність вироблення чітких критеріїв контролю за виконанням цільових показників на всіх етапах реалізації стратегії. В умовах Російсько-української війни державне та місцеве фінансування заходів, спрямованих на поводження з відходами мінімізовано і стосується переважно підтримання існуючої інфраструктури. 4. Захоронення сміття на полігонах залишається головним способом утилізації відходів в Україні. Роздільний збирання відходів та їх сортування на рівні споживача знаходиться в зародковому стані. Вторинна переробка сміття в країні пов'язана із окремими приватними установами та не має комплексної державної підтримки. 5. Будівництво сміттєспалювальних заводів в Україні є недоцільним через високу вартість та значні екологічні наслідки для довкілля.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аналітична записка щодо стану виконання першого етапу реалізації Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/04/analitichna-zapyska-Natsstartegiya.docx> (дата звернення 24.12.2024).
2. Барбаш В. А. Технології переробки недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію: монографія. Київ : Каравела, 2022, 360 с.
3. Власенко І.В., Постова В.В. Аналіз сучасних інноваційних методів утилізації відходів. *Економіка і організація управління*. № 3 (39), 2020, С. 30–40. DOI 10.31558/2307-2318.2020.3.3.
4. Гелетуха Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Біоенергетична асоціація України*. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/07/round-table-naas.pdf> (дата звернення 15.11.2024).
5. Екологічні та економічні вигоди належного поводження з відходами: від обізнаності до якісних дій. Тверді побутові відходи (проблеми поводження, збору та утилізації). URL: https://greenchamber.org.ua/files/files/2019/TBO/TBO_L2.pdf (дата звернення: 10.01.2025).
6. Європейський та український підходи до тарифування вивезення твердих побутових відходів: порівняльний аналіз URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/tariffs_EU-UA.pdf (дата звернення 28.12.2024)
7. Єдиний сміттєспалювальний завод в Україні: як він працює. *UABIO – Біоенергетична асоціація України*. URL: <https://uabio.org/news/184/> (дата звернення: 09.01.2025).
8. Навроцький Р.Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами. *Економіка та суспільство*. 2016. № 7. С. 621–625.
9. Самойлов О. О. Зарубіжний досвід управління твердими побутовими відходами. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 19. С. 45–50. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.19.45
10. Шматков Г.Г., Матухно О.В. Екологічні та економічні вигоди належного поводження з відходами: від обізнаності до якісних дій: Метод. посіб. в двох частинах. Дніпро: 2019. 52 с.
11. Alsulaili A., Ali O., Alenezi N., Al-Dabbous A. Selection of municipal solid waste disposal technology using the Analytic Hierarchy Process and Genetic Algorithm for Gulf Cooperation Council Countries, *Journal of Engineering Research*, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.03.015>
12. Avfall sverige Swedish waste management. URL: https://www.avfallsverige.se/media/lbdg3vcp/svensk_avfallshantering_2022_en.pdf (Accessed: 18.11.2024)
13. Bikiaris D.N., Karayannidis G.P. Chain extension of polyesters PET and PBT with two new diimidodiepoxides. II, *J. Polym. Sci. A Polym. Chem.*, 1996. Vol. 34. 1337–1342.

14. Directive 1999/31/EC of the European Parliament and of the Council of 26 April 1999 on waste and repealing certain Directives. *Access to European Union law*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01999L0031-20180704> (date of access: 16.12.2024).

15. Directive 2008/98 – EN – Waste framework directive. *EUR-Lex – Access to European Union law* URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng> (date of access: 16.12.2024).

16. Eu, & Rainer L. Blockchain Applications for Waste Management. Analysis of Blockchain use cases in waste management and general guidance for starting Blockchain projects. BlockWASTE project Intellectual Output 1.A2.1. April 2021. URL: <https://www.researchgate.net/publication/355357978>.

17. Jiayue Zh., Fan F., Zixuan J., Vorada K., Hailong Zh., Zongguo W., Hongbo Zh., Shufei H. Is Multi-Source Solid Waste Co-Disposal Practices in Waste-to-Energy Plants Sustainable? A Comparative Life Cycle Assessment. 2024. URL: <https://ssrn.com/abstract=4930125>

18. Undas A. K., Groenen M., Peters R.J., van Leeuwen S.J., Safety of recycled plastics and textiles: Review on the detection, identification and safety assessment of contaminants, *Chemosphere*, 2023, Vol. 312, Part 1, 137175, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137175>.

REFERENCES:

1. Analitichna zapyska shchodo stanu vykonannya pershoho etapu realizatsii Natsionalnoi stratehii upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku [Analytical note on the state of implementation of the first stage of the implementation of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030] Retrieved from <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/04/analitichna-zapyska-Natsstartegiya.docx/> [in Ukrainian].

2. Barbash, V. A. (2022). *Tekhnologii pererobky nederevnoi roslynnoi syrovyny u tseliulozovymisnu produktsiiu: monohrafiia*. [Technologies for processing non-wood plant materials into cellulose-containing products: monograph]. Kyiv : Karavela [in Ukrainian].

3. Vlasenko, I., & Postova, V. (2020). Analiz suchasnykh innovatsiinykh metodiv utylizatsii vidkhodiv. [Analysis of modern innovative methods of waste disposal]. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia – Economics and management organization*, 3 (39), 30–40. DOI 10.31558/2307-2318.2020.3.3. [in Ukrainian].

4. Heletukha, H. Suckasnyy stan ta perspektivy rozvitku bioenergetiky v Ukraini. [The current state and prospects for the development of bioenergy in Ukraine]. *Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy – Bioenergy Association of Ukraine*. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/07/round-table-naas.pdf/> [in Ukrainian].

5. Ekolohichni ta ekonomichni vyhody nalezhnogo povodzhennia z vidkhodamy: vid obiznanosti do yakisnykh dii. Tverdi pobutovi vidkhody (problemy povodzhennia, zboru ta utylizatsiui). [Environmental and economic benefits of proper waste management: from awareness to quality actions. Solid household waste (problems of handling, collection and disposal).], Retrieved from https://greenchamber.org.ua/files/files/2019/TBO/TBO_L2.pdf/ [in Ukrainian].

6. Ievropeyskyi ta ukrainskyi pidkhody do taryfuvannia vyvezennia tverdykh pobutovykh vidkhodiv: porivnialnyi analiz. [European and Ukrainian approaches to charging for the removal of solid household waste: a comparative analysis] Retrieved from https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/tariffs_EU_UA.pdf/ [in Ukrainian].

7. Iedynyi smittiespaluvalnyi zavod v Ukraini: yak vin pratsiuie. [The only waste incineration plant in Ukraine: how it works]. *UABIO – Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy – Bioenergy Association of Ukraine*. Retrieved from <https://uabio.org/news/184/> [in Ukrainian].

8. Navrotskyi, R. (2016). Dosvid krain yevropeiskoho soiuzu v sferi bezpechnoho povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy. [Experience of the countries of the European Union in the field of safe handling of solid household waste] *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, 7, 621–625. [in Ukrainian].

9. Samoilov, O. (2021). Zarubizhnyi dosvid upravlinnia tverdymy pobutovymy vidkhodamy. [Foreign experience of solid waste management]. *Investytsiui: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, (19), 45. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2021.19.45> [in Ukrainian].

10. Shmatkov, H.H., & Matukhno, O.V. (2019). *Ekolohichni ta ekonomichni vyhody nalezhnogo povodzhennia z vidkhodamy: vid obiznanosti do yakisnykh dii*. [Environmental and economic benefits of proper waste management: from awareness to quality action]: Dnipro: [in Ukrainian].

11. Alsulaili A., Ali O., Alenezi N., & Al-Dabbous, A. (2024). Selection of municipal solid waste disposal technology using the Analytic Hierarchy Process and Genetic Algorithm for Gulf Cooperation Council Countries, *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.03.015> [in English].

12. Avfall sverige Swedish waste managment. Retrieved from https://www.avfallsverige.se/media/lbdg3vcv/svensk_avfallshantering_2022_en.pdf/ [in English].

13. Bikiaris, D.N., & Karayannidis, G.P. (1996). Chain extension of polyesters PET and PBT with two new diimidediepoxydes. II, *J. Polym. Sci. A Polym. Chem.*, 34, 1337–1342. [in English].

14. Directive 1999/31/EC of the European Parliament and of the Council of 26 April 1999 on waste and repealing certain Directives Access to European Union law. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01999L0031-20180704/> [in English].

15. Directive 2008/98 – EN – Waste framework directive. EUR-Lex – Access to European Union law. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng/> [in English].

16. Eu, & Rainer, L. (2021). Blockchain Applications for Waste Management. Analysis of Blockchain use cases in waste management and general guidance for starting Blockchain projects. *BlockWASTE project Intellectual Output 1.A2.1*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/355357978> [in English].

17. Jiayue, Zh., Fan, F., Zixuan, J., Vorada, K., Hailong, Zh., Zongguo, W., Hongbo, Zh., & Shufei, H. (2024). Is Multi-Source Solid Waste Co-Disposal Practices in Waste-to-Energy Plants Sustainable? A Comparative Life Cycle Assessment Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=4930125/> [in English].

18. Undas, A., Groenen M., Peters R., van Leeuwen S., (2023). Safety of recycled plastics and textiles: Review on the detection, identification and safety assessment of contaminants. *Chemosphere*, 312 (1), 137175, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137175> [in English].