

<https://doi.org/10.36818/2071-4653-2023-3-5>

УДК 330:65.012.224:574.63(477)

JEL O13, Q21, Q24, R14

І. А. Колодійчук

доктор економічних наук, старший науковий співробітник
відділу регіональної екологічної політики та
природокористування ДУ «Інститут регіональних досліджень
імені М. І. Долишнього НАН України», м. Львів

e-mail: Ira1166@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5110-3905>

**ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ
У РЕГІОНАХ УКРАЇНИ**

Проаналізовано використовувани в Україні технології перероблення побутових відходів. Наголошено на наявності низки проблем щодо їхньої функціональності. Акцентовано на наявності потужних сировинних ресурсів для впровадження рециклінгу. Виділено основні проблеми місць видалення відходів: відсутність паспортизації через невідповідність чинним стандартам і продовження нагромадження відходів усупереч вичерпанню термінів експлуатації, а також брак вольових рішень щодо закриття техногенно ризикових полігонів і пошуку альтернативних шляхів поводження з відходами. Здійснено порівняльну еколого-економічну оцінку технологій перероблення відходів. Зазначено, що актуальним для розвитку системи управління відходами є використання інноваційних технологій спалювання відходів. Підкреслено, що для зведення до мінімуму екологічних ризиків потрібно реконструювати переробні підприємства та оснастити їх сучасними системами горіння і фільтрації відпрацьованих газів. Визначено найефективніший напрям інноваційного оновлення – розвиток потужностей на основі технології стерилізації відходів в автоклавах і сортування побутових відходів для рециклінгу.

Ключові слова: рециклінг, спалювання, механіко-біологічне оброблення, місця видалення відходів, утилізація, автоклавний метод перероблення відходів.

Kolodiychuk I. A. TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL CAPACITY OF WASTE DISPOSAL IN THE REGIONS OF UKRAINE

Active processing – incineration and utilization (mechanical and biological treatment), along with passive storage of inert residues in specially designated areas, are the most commonly used waste management techniques in Ukraine. According to European standards, these technologies carry environmental risks to some extent and do not belong to full-fledged recycling. Significant amounts of accumulated and generated waste determine the regional economic capacity that can be used for the introduction of recycling technologies. The article aims to conduct a feasibility study on waste processing in Ukraine, given the regional capacity for the development of recycling technologies. To reach this goal, the following tasks were solved: to analyze the existing technologies for processing household and similar waste and to carry out their economic evaluation; identify areas for innovative development of regional waste management systems in the near future. The analysis of technologies of household and similar waste processing existing in Ukraine is carried out. The article emphasizes that there are a number of problems with their functionality. Emphasis is placed on the availability of powerful raw materials for recycling. The following main problems of waste disposal sites are outlined: lack of their certification due to non-compliance with current standards and continued accumulation of waste despite the exhaustion of service life; voluntary decisions to close technogenic risk landfills; finding alternative ways of waste management. A comparative ecological and economic assessment of waste processing technologies is carried out. The use of innovative technologies of waste incineration through reconstruction and equipping of processing plants with modern combustion and filtration systems of exhaust gases to minimize environmental risks is relevant for the development of waste management systems.

Keywords: recycling, incineration, mechanical and biological processing, waste disposal sites, disposal, autoclave method of waste processing.

Постановка проблеми. Досвід України у сфері поводження з відходами в напрямках формування адекватної системи управління, екологічної свідомості громадян і розбудови сучасної інфраструктури утилізаційного характеру показав, що ці процеси складні, довготривалі та потребують мобілізації зусиль усього суспільства.

На теперішньому етапі система поводження з відходами в Україні сфокусована не на утилізації відходів, а на примітивному збиранні та вивозі на полігон (у разі з відходами споживання) та вивозі і / або розміщенні на промислових майданчиках (у разі з промисловими відходами). Це спричинено низкою

чинників, зокрема відсутністю відповідної інфраструктури, яка б сприяла активізації процесу перероблення відходів.

Вирішення таких проблем вимагає нових підходів до визначення потенційних і реальних можливостей для підвищення рівнів інноваційності промислового виробництва, рециркуляції відходів виробництва і споживання, використання їх як вторинної сировини, удосконалення організаційно-економічного механізму з метою акумуляції фінансових ресурсів і залучення інвестицій у сферу поводження з відходами. Це потребує визначення цілої низки завдань щодо

формування систем управління відходами на регіональному рівні.

9.07.2023 р. набув чинності Закон України «Про управління відходами» [1], яким передбачена реалізація реформ у сфері поводження з відходами, зокрема через врегулювання дозвільної системи, розділення повноважень між міністерствами, органами місцевого самоврядування та місцевими органами влади, впровадження європейських принципів управління відходами та розбудову інфраструктури [2]. Це зумовлює необхідність розглянути поширені в Україні методи утилізації відходів на предмет їхньої інноваційності й перспективності для подальшого використання.

Аналіз останніх досліджень. Різні аспекти окресленої проблематики стали предметом наукових досліджень українських і зарубіжних учених. Зокрема, теоретико-методологічні засади формування системи управління відходами відображено у працях Н. Бокена [3], Г. Виговської [4], П. Джізелліні [5], Н. Міллара [6], В. Міщенко [7], В. Хааса [8] та ін.

Науково-практичні проблеми генерування побутових відходів (ПВ) і можливостей подальшого корисного використання їх на регіональному рівні досліджували такі вчені, як Р. Берлінг [9], Т. Довга [10], О. Ігнатенко [11], Н. Хижнякова [12] та ін. Отже, проблема не втрачає актуальності. У межах реформування досліджуваної сфери посилилася потреба в оптимізації подальших кроків у виконанні регіональних планів управління відходами та пошуку альтернативних шляхів утилізації побутових відходів.

Метою статті є техніко-економічне обґрунтування перероблення відходів в Україні з огляду на регіональний потенціал розвитку рециклінгових технологій.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання: проаналізувати наявні технології перероблення побутових відходів і здійснити їхню економічну оцінку; визначити напрями інноваційного розвитку регіональних систем управління відходами на найближчу перспективу.

Основні результати дослідження. За даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, у 2022 р. перероблено та утилізовано близько 9,9% побутових відходів, з них: 1,66% спалено, а 8,24% потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії [13]. Національною стратегією управління відходами передбачено скорочення обсягів захоронення побутових відходів на полігонах з 95% (у 2016 р.) до 50% у 2023 р. і до 30% у 2030 р. [14]. Проте цей показник «відстає» від встановлених часових термінів, а із 424 сміттєзвалищ, які потребують рекультивувати, фактично рекультивовані 24 одиниці.

В умовах воєнного стану ті незначні у всеукраїнському контексті утилізаційні потужності зазнають глибокого впливу на їхню діяльність через кризову ситуацію, пов'язану з енергозабезпеченням. Попри намагання зберегти довоєнні темпи перероблення відходів, суб'єкти господарювання у цій сфері зазнають втрат, які не в змозі компенсувати місцеві органи влади сьогодні. Зазначимо, що функція, пов'язана з переробленням ПВ, потребує

відповідних передумов, які, як правило, у кризову для економіки країни добу відходять на другий план, що перешкоджає не просто їхньому функціонуванню, а й існуванню взагалі.

Ці суб'єкти господарювання, як і будь-які інші виробничі підприємства, залежать від людських ресурсів, енергетичного та сировинного забезпечення, підтримання засобів виробництва в належному стані, упорядкованих логістичних зв'язків тощо. Утилізація ПВ у довоєнний період становила незначну частку. На нашу думку, цей показник змінюватиме своє значення, наближаючись до нульової позначки. Тим паче, що регіональні плани управління відходами (принаймні ті, що затверджені) орієнтовані на виконання заходів щодо модернізації полігонів / побудови нових, тобто не зобов'язують до прийняття рішень щодо впровадження новітніх технологій з перероблення ПВ. Не здається можливим і розгляд таких ініціатив і прийняття відповідних рішень на місцях в умовах воєнного стану. Місцеві органи влади сфокусовані на вивезенні ПВ за межі населених пунктів, а головною функцією залишатиметься захоронення побутових відходів. У такому разі проблеми, пов'язані з місцями видалення відходів, загостряться: підвищуватиметься рівень зношеності спецтехніки, а також зростатиме навантаження на полігони, кількість несанкціонованих звалищ і потреба в будівництві нових об'єктів захоронення ПВ, негативний вплив на дорожню інфраструктуру та благоустрій населених пунктів.

Зауважимо, що сьогодні не йдеться про розвиток утилізаційних потужностей у регіонах України. Попри розширення ареалу впровадження роздільного збирання побутових відходів (2018 р. – 1118 населених пунктів, 2019 р. – 1462, 2020 р. – 1725 населених пунктів), їхня структура за кількісними та якісними параметрами характеризується сталою величиною, використовуються застарілі малоефективні технології, представлені 34 сміттєсортувальними лініями, одним сміттєспалювальним заводом і трьома сміттєспалювальними установками.

Система управління відходами передбачає цілеспрямований вплив керівної ланки зазначеної системи на керування для збалансування обсягів утворених відходів з наявними утилізаційними потужностями. Це – основна умова ефективного управління відходами, оскільки будь-які дисбаланси спричиняють критичне накопичення відходів або економічно неефективне використання утилізаційних потужностей.

Дисбаланси, спричинені дефіцитом утилізаційних потужностей в Україні протягом багатьох років, призвели до утворення катастрофічної кількості відходів, що зберігаються, зокрема, на несанкціонованих стихійних звалищах. Постійне зростання обсягів утворених відходів і посилення антропогенного навантаження на природне середовище вимагають негайних дій для першочергової стабілізації ситуації та подальшого розв'язання наявної проблеми. Цю проблему можна вирішити або за рахунок зупинки та згорання економічної активності підприємств, або за рахунок

введення в експлуатацію нових утилізаційних потужностей. Перший шлях є недопустимим, а другий – надто витратним. Але є ще й інший шлях, на який орієнтуються економіки високорозвинутих країн світу – застосування мало- та безвідходних технологій виробництва з використанням рециркуляційних систем управління відходами.

Структура утилізаційних потужностей у вітчизняній системі поводження з відходами за кількісними та якісними параметрами не відповідає європейським стандартам, оскільки використовуються застарілі малоєфективні технології, що самі по собі становлять екологічну небезпеку. Абсолютна більшість об'єктів поводження з відходами в Україні – це місця видалення відходів (МВВ). На 2022 р. у країні налічувалося 163 перевантажених полігонів, а 693 звалища не відповідали нормам екологічної безпеки [13].

На відміну від країн Європи, загальною тенденцією для України є низький рівень утилізації побутових відходів. У 2022 р. із загальної кількості зібраних ПВ (7 420 829,821 т) утилізовано 5,5%, спалено – 1,7% [13]. Переважна частка відходів спрямовувалася на полігони (90%).

Проблема багатьох полігонів в Україні полягає в експлуатації їх понад запроєктовані терміни, а також недотриманні норм щодо структури й нормативних обсягів надходження відходів. Через певний період часу полігон вичерпує свій ресурс і не може приймати відходи без негативних наслідків для навколишнього природного середовища. Основними проблемами подальшої його експлуатації є неприємні запахи та фільтрат, а також виникнення аварійних схилів і розширення площі полігону за межі робочих карт. Водночас перевантажені полігони безпосередньо впливають на ґрунти, атмосферне повітря, поверхневі (через забруднення іонами важких металів – свинцю, нікелю, марганцю) і підземні (через забруднення хромом) води. Досить часто рівень фільтратних озер перевищує рівень дамб, що підвищує ризики техногенних катастроф і вимагає значних фінансових витрат на укріплення дамб.

Після вичерпання ресурсу полігону його належить закрити та вдатися до рекультивції, проте заходи такого типу проводяться неналежащо. Коли полігон працює, відповідальні органи влади воліють не замислюватися над стратегічними питаннями поводження з відходами, адже одномоментно вирішити проблему утилізації ПВ після закриття полігону неможливо. Цьому передують тривала та витратна робота щодо пошуку місць створення нових полігонів чи будівництва утилізаційних підприємств, організації громадських обговорень, вибору технологій утилізації відходів, організації конкурсних процедур пошуку інвесторів тощо. Першочерговим завданням у регіональних системах управління відходами є прийняття вольових рішень щодо закриття техногенно ризикових полігонів, що дасть змогу уникнути подальшого погіршення ситуації. Звичайно, цьому передують пошук альтернативних шляхів поводження з відходами. Постановою Кабінету Міністрів України від 30.06.2023 р. № 667 затверджено «Порядок розроблення та

затвердження регіональних планів управління відходами». Регіональний план управління відходами визначає, які місця видалення відходів можна використовувати, а які мають бути рекультивовані, скільки та яких підприємств для оброблення відходів потрібно збудувати. На 2023 р. обласні військові адміністрації розробили 15 проєктів регіональних планів управління відходами [2].

До активних способів перероблення відходів відносять спалювання, механіко-біологічне перероблення та сортування.

Основною перевагою спалювання відходів є зменшення їхнього об'єму та нейтралізація запахів від розкладання органічних решток. За офіційними даними, у 2020 р. в Україні кількість установок для спалювання відходів становила 439 одиниць, з яких 334 – для спалювання відходів з метою отримання електричної енергії (R1) та 105 – для спалювання з метою теплового перероблення відходів (D10).

Діяльність, пов'язана зі спалюванням відходів з метою отримання енергії (R1), належить до операцій утилізації, однак спалювання побутових відходів не сприяє ефективному виробленню енергії, позаяк більшість з них є вологими, не всі горючі. Численні аудити громадських організацій доводять, що муніципальні відходи майже наполовину складаються з органіки. За окремими такими аудитами, у громадських смітниках Полтави – 53% органіки, а у Львові – 60% [15]. Водночас під час спалювання знищуються всі сировинні ресурси для можливого подальшого рециклінгу.

Сьогодні в регіонах України спалюється лише 3% побутових відходів, а Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року [14] регламентує, що це значення не повинно перевищувати 10%. Утім, будівництво сміттеспалювальних заводів з дотриманням усіх екологічних норм для інвесторів є малопривабливим, оскільки залежно від потужності воно обійдеться в 130-270 млн євро, а собівартість перероблення досить висока. Крім того, на генеровану сміттеспалювальними заводами енергію «зелений» тариф не поширюється, після поверхневого сортування дешевше відходи відправити на полігони, ніж спалювати.

Значним бар'єром у використанні сміттеспалювальних установок є спротив місцевого населення з огляду на забруднення повітря шкідливими викидами та засмічення ґрунтів залишками продуктів горіння (золи). Проте інноваційні технології спалювання відходів завдяки сучасним системам горіння та фільтрації відпрацьованих газів знижують екологічний ризик до мінімуму. Наприклад, у Швейцарії від спалювання однієї тонни ППВ на сучасному заводі з інноваційними фільтрувальними установками забруднення еквівалентне спалюванню 1 кг змішаних відходів просто неба. Однак, на нашу думку, спалювання відходів все ж не є стратегічним пріоритетом для України, у перспективі потрібно забезпечити заміну сміттеспалювальних потужностей іншими, екологічно безпечнішими технологіями перероблення.

Складовою утилізації є сортування відходів на спеціальних комплексах, але ефективність цього процесу досягається лише за умови попереднього сортування їх у місцях утворення. Це дає змогу збирати сухі відходи та ефективніше їх переробляти, але вимагає встановлення відповідних місткостей для роздільного збирання та проведення відповідної роз'яснювальної роботи з населенням. За дотримання зазначених вимог смітесортувальні комплекси можуть досягти 20% рециклінгу від маси ПВ.

Перевантаження місць видалення відходів у регіонах України вимагає використання технологій перероблення, що зводять фізичні обсяги захоронення ПВ до мінімуму. Морфологічна структура відходів свідчить про високий вміст органічних домішок. Для ефективної нейтралізації органічної фракції, яка може сягати 70% загальної кількості ПВ, найбільш прийнятним для України буде механіко-біологічне перероблення відходів, яке передбачає операції компостування, а також аеробне і / або анаеробне перероблення органічних відходів. Механіко-біологічне перероблення побутових відходів дає змогу відокремити ресурсно-ціннісну фракцію (пластик, папір, скло, метали та ін.), а органічну фракцію стабілізувати до інертної з можливістю виділення біогазу для виробництва електроенергії. Органічна фракція потрапляє до потужностей компостування або стабілізаційних тунелів, які її висушують, після чого органіка вже не є шкідливою з точки зору фільтратів і біогазу, суттєво зменшується в об'ємі.

Як свідчать дослідженням Біоенергетичної асоціації України [16], завод з механіко-біологічною технологією може заробляти за «зеленим» тарифом 29,7 євро за тону перероблених ПВ. Однак інвестиційна привабливість будівництва таких об'єктів за чинного законодавства зменшуватиметься, позаяк передбачається поступове зниження рівня «зеленого» тарифу – на 10% у 2020 та 2025 роках і до кінцевого припинення його дії у 2030 р.

Недоліком механіко-біологічної технології є значна емісія неприємних запахів, що вимагає віддаленого розташування переробних підприємств від населених пунктів. Низька культура роздільного збору відходів населенням в Україні вимагає додаткового ручного сортування перед потраплянням їх на лінії та сортувальні барабани.

Аналіз системи управління відходами в Україні засвідчив, що процес утилізації обмежується їхнім механіко-біологічним переробленням і сортуванням, що не належить до повноцінного рециклінгу, а утилізаційні заходи в промислових регіонах загалом пов'язані зі зворотною засипкою відходів добувної промисловості та розроблення кар'єрів, що не належить до операцій перероблення відходів. За даними 2020 р., на відвалах промислових підприємств України накопичилося близько 250 млн т вугільних і 100 млн т металургійних шлаків, щороку ця цифра зростала. Підприємства країни відправили на утилізацію лише 4,9 млн т шлаків, або 45,5%. Водночас 2,1 млн т використано для виробництва цементу, а 1 млн т – на дорожнє будівництво.

Теперішні технології перероблення відходів не забезпечують достатній рівень екологічної безпеки, що вимагає пошуку альтернативних технологій. Серед сучасних утилізаційних систем заслуговує на увагу автоклавний метод перероблення змішаних відходів, що поєднує високу економічну ефективність та екологічність. На ринку виробництва технологічного обладнання для перероблення відходів помітне місце займає польська компанія Bioelektra Group S.A. Інженерна група Bioelektra вдало поєднала автоклавний метод (метод стерилізації) із системою автоматизованого сортування відходів, що в кінцевому результаті забезпечує 65% рециклінгу ПВ. Суттєвою перевагою автоклавного методу є відсутність емісії запахів і можливість будівництва переробного підприємства поряд з населеними пунктами, що суттєво знижує транспортно-логістичні витрати. Технологія також не потребує попереднього сортування відходів у місцях утворення, що є актуальним питанням у вітчизняних умовах.

Стерилізація в автоклавах проходить за температури 125-140°C і тиску до 3 бар протягом трьох годин, що забезпечує до 60% зменшення об'єму відходів і приблизно на 17% їхньої маси за рахунок випаровування вологи. Змішані стерилізовані відходи передаються до системи розподілу – механічної, оптичної, повітряної і магнітної. Усі фракції залишаються стерильними для подальшого перероблення (рециклінгу) (табл. 1). Програма автоматично аналізує структуру відходів і відповідно обробляє їх, забезпечуючи сортування понад 90% вторинної сировини (пластику, металу, скла). Водночас відбувається очищення пластику, скла й металів від ярликів, фарби, органічних решток, а матеріали стають однорідними за типом і складом та позбуваються неприємних запахів. На відміну від інших систем, доходи від продажу ресурсів покривають усі інвестиційні та експлуатаційні витрати, оскільки лише 4% відходів вивозиться на звалище, а все інше – це біомаса, паливо RDF (Refuse Derived Fuel), метал, скло і пластик. Біомаса може використовуватися як паливо для тепло – та електростанцій, піролізних установок, а також як органічне добриво, компонент для виробництва будівельних матеріалів тощо.

Порівняльна характеристика витрат на використання розглянутих технологій представлена в табл. 2, що свідчить про високу конкурентоспроможність автоклавного методу, який, зокрема, пропонує компанія Bioelektra Group S.A. Найвитратнішою є технологія спалювання відходів, але це пов'язано із жорсткими європейськими нормами щодо емісії відпрацьованих газів і значними витратами на встановлення та експлуатацію фільтрувальних установок. Слід зазначити, що після спалювання теж утворюються відходи – так звані вторинні (зола, попіл, шлаки), які є токсичними та небезпечними для здоров'я. Широкий діапазон витрат на утилізацію відходів спричинений різноманітністю і складністю наявних технологій – від процесу простого сортування до систем анаеробного зброджування.

Таблиця 1

Фракційний склад ресурсної складової для подальшого перероблення і рециклінгу автоклавного методу

Ресурс	Характеристика	Застосування
1	2	3
Біомаса	Складається з органічних біодеградуєчих відходів, включно з папером, стерильна і без запаху Однорідний фізичний продукт незалежно від структури відходів Низькі рівні концентрації важких металів, сірки та хлорки Тепловий коефіцієнт: 12 ГДЖ/т Вихід метану: 110 м ³ /т До 15% домішок (переважно мінеральних)	Паливо для тепло – та електростанцій Паливо для піролізу Процеси анаеробного зброджування Органічне добриво для поліпшення ґрунту Засіб для виробництва будівельних матеріалів (10% – у цеглу, 50% – як легкий наповнювач)
Метал	Відділяється понад 95% алюмінію і чорних металів Сухі органічні залишкові матеріали в бляшанках не впливають на подальше перероблення Повне видалення ярликів і фарби	Виробництво алюмінію Виробництво сталі
Скло	Відділяється понад 97% скла Максимально до 5% домішок Повне видалення ярликів, фарби та інших сторонніх матеріалів	Виробництво пакувальної продукції Виробництво скловати (утеплювача) Виробництво піноскла
Пластмаса	Відділяється понад 90% пластмаси Залежно від структури, з поділом на будь-який з таких видів пластмаси: поліетилентерефталат (ПЕТ), поліетилен, полістирол, полівінілхлорид Сухі органічні залишкові матеріали в пляшках не впливають на подальше перероблення Повне видалення ярликів і фарби, однорідна за складом сировина	Виробництво гранул для пакувальної, текстильної та іншої промисловості Виробництво мастила для дизельних двигунів Композитне виробництво
Папір (целюлоза)	30-50% паперу виділяються з багатошарової упаковки (на кшталт тетрапаку) Велика частина паперу переробляється на біомасу Низький рівень мінеральних залишків не впливає на подальше перероблення Не залишається фарби та забруднень	Виділення целюлози для виробництва упаковки безпосередньо на паперових фабриках

Джерело: складено на основі комерційної пропозиції Bioelektra Group S. A. [17].

Таблиця 2

Порівняльна характеристика витрат на використання технологій перероблення відходів

Вид витрат	Спалювання	Утилізація (механіко-біологічне перероблення / сміттесортувальні комплекси)	Автоклавний метод (Bioelektra Group S.A.)
Капіталовкладення, євро / т річної продуктивності	700-1000	150-450	300-400
Експлуатаційні витрати, євро / т	80-120	20-70	25

Джерело: підготовлено на основі [17].

Отже, порівняльна еколого-економічна оцінка наявних в Україні технологій перероблення відходів свідчить, що:

- спалювання ПВ для отримання енергії (R1) неефективне через низьку горючість вологих відходів і залишок великої маси золи та абсорбентів, а також знищення всіх сировинних ресурсів, за винятком частини металів, для подальшого рециклінгу;
- сортувальні комплекси вимагають роздільного надходження відходів і забезпечують низький рівень (20%) відсортованих відходів для рециклінгу;
- механіко-біологічне перероблення відходів ефективно нейтралізує органічну фракцію, зменшуючи фізичні обсяги захоронення ПВ, але значна емісія неприємних запахів вимагає віддаленого розташування переробних підприємств від населених пунктів, а низька

культура роздільного збору відходів в Україні вимагає додаткового ручного сортування ПВ;

- автоклавний метод перероблення змішаних відходів забезпечує як високу економічну ефективність та екологічність за рахунок 65% автоматично відсортованих ПВ для рециклінгу, так і відсутність емісії запахів і можливість будівництва переробних підприємств поряд із населеними пунктами, що суттєво знижує логістичні витрати.

У системі управління відходами значний вплив на обрання технології їхнього перероблення справляє структура ПВ, адже від цього залежатиме ефективність рециклінгу. У відходах є фракції, які економічно вигідно переробляти для подальшого використання як сировини, а є фракції, які витратно навіть консолідувати в місцях зберігання через значні логістичні витрати, малі обсяги та витратність їхнього перероблення з огляду на особливості сучасних технологій. У такому разі в умовах наявних обмежень перед-

бачається здійснення комплексу організаційно-економічних, техніко-технологічних і соціально-економічних заходів, спрямованих на підвищення ефекту рециклінгу та відповідне зниження витрат [18].

Висновки. Інноваційний розвиток системи управління відходами в розрізі регіонів України передбачає використання економічного потенціалу накопичених і утворених відходів для впровадження рециклінгових технологій, інноваційних технологій спалювання відходів за рахунок реконструкції та обладнання переробних підприємств сучасними системами горіння і фільтрації відпрацьованих газів для зведення до мінімуму екологічних ризиків.

Найприйнятнішими для умов України за критеріями економічної ефективності та екологічності є розвиток потужностей на основі інноваційної технології стерилізації відходів в автоклавах та сучасні схеми сортування ПВ для рециклінгу.

Список використаних джерел

1. Про управління відходами: Закон України № 2320-IX від 20.06.2022 р. *Законодавство України*: сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20>
2. Реформа стартувала – вступив у дію Закон «Про управління відходами». *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*: сайт. 12.07.2023. URL: <https://mepr.gov.ua/reforma-startuvala-vstupuv-u-diyu-zakon-pro-upravlinnya-vidhodamy>
3. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E. The circular economy – a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143(1). Pp. 757-768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
4. Виговська Г. П. Концептуальні засади створення нормативно-правової та методичної бази у сфері поводження з відходами. *Утилізація отходов. Организация и контроль полигонов*: сб. научн. ст. Одеса: ОЦНТЭИ, 1999. С. 16-34.
5. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 114(2). Pp. 11-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
6. Millar N., McLaughlin E., Boerger T. The circular economy: swings and roundabouts. *Ecological Economics*. 2019. Vol. 158(4). Pp. 11-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.012>
7. Міщенко В. С. Удосконалення системи класифікації відходів і засади українського List of wastes. *Екологія і промисленість*. 2011. № 2. С. 107-111.
8. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. How circular is the global economy? *Journal of Industrial Ecology*. 2015. Vol. 19(5). Pp. 765-777. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
9. Берлінг Р. З., Данилович Т. Б. Проблеми функціонування системи управління відходами в Україні і шляхи її вдосконалення. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Логістика*: зб. наук. пр. 2006. № 552. С. 344-349.
10. Довга Т. М. Основні тенденції та закономірності утворення і переробки твердих

побутових відходів в Україні. *Ефективна економіка*. 2012. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1491>

11. Ігнатенко О. П. Інвестиційне значення побутових відходів у сфері благоустрою населених пунктів. *Інвестиції: практика та досвід*. 2014. № 11. С. 139-143.

12. Хижнякова Н. О. Обґрунтування проектів комплексного перероблення побутових відходів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Логістика*: зб. наук. пр. 2003. № 472. С. 522-526.

13. Аналіз стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2022 рік. *Міністерство розвитку громад та територій України*: сайт. 18.05.2023. URL: <https://mtu.gov.ua/news/34323.html>

14. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 8.11.2017 р. № 820-р. *Законодавство України*: сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>

15. Мартиненко А. Екологічно вигідні рішення: що громадам робити з відходами? *Економічна правда*: сайт. 1.05.2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/1/699650>

16. *Біоенергетична асоціація України*: сайт. 2022. URL: www.uabio.org

17. *Bioelektro Group*: Strona internetowa. 2022. URL: <https://bioelektro.com/pl>

18. Колодійчук І. А. *Формування територіально збалансованих систем управління відходами: регіональний вимір*: монографія. Львів: ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України», 2020. 524 с. (Серія «Проблеми регіонального розвитку»). URL: <http://ird.gov.ua/irdp/p20200003.pdf>

References

1. Pro upravlinnya vidkhodamy [On waste management] (2022). Law of Ukraine, adopted on 2022, Jun 20, 2320-IX. *Legislation of Ukraine*: Website. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20> [in Ukrainian].
2. Reforma startuvala – vstupuv u diyu Zakon «Pro upravlinnya vidkhodamy» [The reform has started – the Law «On Waste Management» has entered into force] (2023, Jul 12). *Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*: Website. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/reforma-startuvala-vstupuv-u-diyu-zakon-pro-upravlinnya-vidhodamy> [in Ukrainian].
3. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (2017). The circular economy – a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143(1), 757-768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
4. Vyhovska, H. P. (1999). Kontseptual'ni zasady stvorennya normatyvno-pravovoyi ta metodychnoyi bazy u sferi povodzhennya z vidkhodamy [Conceptual bases of creation of normative-legal and methodical base in the field of waste management]. In *Utilizatsiya otkhodov. Organizatsiya i kontrol' polygonov* [Recycling.

- Organization and control of landfills*] (pp. 16-34). Odesa: Regional Center for Scientific, Technical and Economic Information. [in Ukrainian].
5. Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114(2), 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
6. Millar, N., McLaughlin, E., & Boerger, T. (2019). The circular economy: swings and roundabouts. *Ecological Economics*, 158(4), 11-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.012>
7. Mishchenko, V. S. (2011). Udoskonalennya systemy klasyfikatsiyi vidkhodiv i zasady ukrayins'koho List of wastes [Improving the waste classification system and the principles of the Ukrainian List of wastes]. *Ekologiya i promyshlennost' – Ecology and industry*, 2, 107-111. [in Ukrainian].
8. Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz M. (2015). How circular is the global economy? *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765-777. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
9. Berlinh, R. Z., & Danylovykh, T. B. (2006). Problemy funktsionuvannya systemy upravlinnya vidkhodamy v Ukrayini i shlyakhy yiyi vdoskonalennya [Problems of waste management system functioning in Ukraine and ways of its improvement]. In *Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika»: Lohistyka [Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic: Logistics»]*: Vol. 552 (pp. 344-349). [in Ukrainian].
10. Dovha, T. M. (2012). Osnovni tendentsiyi ta zakonirnosti utvorennya i pererobky tverdykh pobutovykh vidkhodiv v Ukrayini [The main trends and patterns of solid waste generation and processing in Ukraine]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, 10. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1491> [in Ukrainian].
11. Ihnatenko, O. P. (2014). Investytsiyne znachennya pobutovykh vidkhodiv u sferi blahoustroyu naselenykh punktiv [The investment value of household waste in the area of beautification of human settlements]. *Investytsiyi: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 11, 139-143. [in Ukrainian].
12. Khyzhnyakova, N. O. (2003). Obgruntuvannya proektiv kompleksnoho pereroblennya pobutovykh vidkhodiv [Substantiation of projects of complex processing of household waste]. In *Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika»: Lohistyka [Bulletin of the Lviv Polytechnic National University: Logistics]*: Vol. 472 (pp. 522-526). [in Ukrainian].
13. Analiz stanu sfery povodzhennya z pobutovymy vidkhodamy v Ukrayini za 2022 rik [Analysis of the state of household waste management in Ukraine for 2022] (2023, May 18). *Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine: Website*. Retrieved from <https://mtu.gov.ua/news/34323.html> [in Ukrainian].
14. Pro skhvalennya Natsional'noyi stratehiyi upravlinnya vidkhodamy v Ukrayini do 2030 roku [On approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030] (2017). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine, adopted on 2017, Nov 8, 820-r. *Legislation of Ukraine: Website*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
15. Martynenko, A. (2023, May 1). Ekolohichno vyhidni rishennya: shcho hromadam robyty z vidkhodamy? [Environmentally friendly solutions: what should communities do with waste?] *Economic truth: Website*. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/1/699650> [in Ukrainian].
16. *Bioenergy Association of Ukraine: Website* (2022). Retrieved from www.uabio.org [in Ukrainian].
17. *Bioelektra Group: Website* (2022). Retrieved from <https://bioelektra.com/pl> [in Polish].
18. Kolodychuk, I. A. (2020). *Formuvannya terytorial'no zbalansovanykh system upravlinnya vidkhodamy: rehional'nyy vymir [Formation of territorially balanced waste management systems: regional dimension]*. Lviv: Dolishniy Institute of Regional Research of NAS of Ukraine. [in Ukrainian].

Надійшло 03.05.2023 р.