

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-297-11-36-42>

УДК 330.15-047.44:332.1(477)

АНАЛІЗ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ РЕГІОНУ: ОЦІНКА СИРОВИННОЇ БАЗИ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА "РОЗРИВУ БЕЗПЕКИ".

Мельничук І.В., Возний В.З.

ANALYSIS OF THE RESOURCE POTENTIAL OF SECONDARY ENERGY RESOURCES IN THE REGION: ASSESSMENT OF THE RAW MATERIAL BASE OF SECONDARY ENERGY RESOURCES AND THE "SECURITY GAP"

Melnychuk I.V., Voznyi V.Z.

Зростання енергетичних потреб та екологічні наслідки використання викопного палива формують потребу у впровадженні сталих регіональних енергетичних рішень. Одним із ключових напрямів є використання вторинних енергетичних ресурсів, зокрема енергетичного відновлення відходів, що поєднує принципи циркулярної економіки з підвищенням ефективності енергосистем. У контексті Європейського зеленого курсу та Енергетичної стратегії України до 2050 р. актуалізується оцінка економічної доцільності вторинних енергетичних ресурсів саме на регіональному рівні, де формується сировинна база і визначається баланс між утворенням відходів, їх енергетичним потенціалом та вигодами для громад. Аналіз динаміки потоків відходів Івано-Франківської області за 2010–2023 рр. виявив значний, але нереалізований ресурсний потенціал. Переважання захоронення над переробленням свідчить про лінійну модель управління, що генерує економічні втрати й екологічні ризики. Попри зростання коефіцієнта відновлення до 78,2 % у 2023 р., обсяги спалення залишаються мінімальними. Особливу загрозу становлять небезпечні відходи I–III класів, частка яких невелика, але відсутність потужностей для їхнього термічного знешкодження формує «розрив безпеки». Структурний аналіз показав, що у 2023 р. загальний обсяг відходів зріс удвічі, а нові категорії, зокрема відходи згоряння (554,6 тис. т), демонструють потенціал для створення вторинних енергетичних ресурсів. Зростання текстильних і хімічних відходів підтверджує наявність стабільної сировинної бази для впровадження технологій енергетичного відновлення відходів. Додатковий антропогенний тиск, пов'язаний із міграційними процесами та зміною структури споживання,

посилив навантаження на систему поводження з відходами, що актуалізує потребу в децентралізованих ВЕР-рішеннях. Проведена оцінка дозволила кількісно окреслити масштаб недовикористаного енергетичного потенціалу та визначити пріоритети модернізації інфраструктури. Отримані результати доводять стратегічну необхідність переходу від полігонної моделі до енергетичного відновлення, що забезпечить екологічну безпеку, скорочення фінансових витрат, підвищення енергетичної стійкості та формування основ регіональної енергетичної автономії України.

Ключові слова: сталий розвиток, вторинні ресурси, відходи, економічна безпека.

Вступ. Зростання потреби в енергії та негативні наслідки використання традиційних викопних видів палива створюють нагальну потребу у впровадженні сталих та ефективних енергетичних рішень на регіональному рівні. Однією з ключових стратегій є використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), таких як біомаса та паливо, отримане з відходів (енергетичне відновлення відходів (ЕВВ)). Це дозволяє реалізувати принципи циркулярної економіки та одночасно підвищувати економічну та екологічну ефективність регіональних енергетичних систем [1].

У контексті Європейського зеленого курсу та імплементації Національної енергетичної стратегії України до 2050 р. [2], питання оцінки економічної доцільності використання ВЕР

набуває особливого значення саме на регіональному рівні. Тут формується основна сировинна база, і саме тут визначається оптимальний баланс між утворенням відходів, можливостями їх енергетичного використання та потенційними економічними вигодами для місцевих громад і підприємств.

Для України, яка перебуває у процесі відновлення та енергетичної трансформації, оцінка та економічне використання ВЕР набуває стратегічного значення. Саме на регіональному рівні формується сировинна база, і саме тут визначається економічно доцільний баланс між утворенням відходів та потенціалом їхнього енергетичного відновлення. Комплексний аналіз потоків відходів дозволяє не лише кількісно оцінити доступний ресурсний потенціал, а й виявити критичні "розриви безпеки" у поводженні з небезпечними відходами, що є життєво важливим для здоров'я населення та довкілля.

Актуальність цього дослідження обґрунтовується критичною потребою синхронізації регіональної політики з міжнародними зобов'язаннями та економічними викликами:

По-перше, Цілі Сталого Розвитку (ЦСР) та Циркулярна Економіка. Дослідження безпосередньо корелює із ЦСР №7 (Доступна і чиста енергія), ЦСР №11 (Сталий розвиток міст і громад) та ЦСР №12 (Відповідальне споживання і виробництво). Перехід від лінійної економічної моделі ("видобути-використати-викинути") до циркулярної вимагає пріоритетної уваги до кінцевої долі відходів: скорочення їхнього утворення, повторне використання та енергетична утилізація. Використання відходів як вторинної сировини для виробництва енергії забезпечує максимальне відновлення цінності ресурсів, мінімізуючи екологічний слід та зменшуючи залежність від викопного палива.

По-друге, екологічний та фінансовий тягар відходів. За даними Global Waste Management Outlook [3], неконтрольоване захоронення відходів є джерелом значних викидів метану (потужного парникового газу) та інфільтратів, що забруднюють ґрунтові води. Зростання обсягів муніципальних твердих відходів до 3,8 млрд тонн до 2050 року призведе до зростання глобальної вартості управління відходами з 252 млрд доларів США (2020 р.) до понад 640 млрд доларів. Цей фінансовий тягар та негативний вплив на довкілля можна конвертувати в економічний актив лише через ефективне енергетичне відновлення та рециклінг. Global

Waste Index (GWI) 2025 від Sensoneo надає актуальні, кількісні показники, необхідні для встановлення економічного базового рівня у регіональному дослідженні [4].

По-третє, регіональна енергетична безпека та специфіка потоків відходів. Регіони України мають значний, але неререалізований потенціал ВЕР, часто змушуючи громади продовжувати використовувати традиційні, забруднюючі види палива. Наше дослідження сфокусоване на конкретному регіоні, аналізуючи його унікальну сировинну базу — потоки відходів. Метою є не лише кількісна оцінка цього ресурсу, але й виявлення критичного "розриву безпеки" у поводженні з небезпечними відходами. Така детальна регіональна оцінка є фундаментальною для обґрунтування інвестицій у ЕВВ-інфраструктуру та забезпечення сталої енергетичної автономії.

Метою дослідження є комплексний аналіз динаміки та структури потоку відходів регіону для оцінки сировинної бази вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), кількісного визначення "розриву безпеки" в поводженні з небезпечними відходами та обґрунтування пріоритетних напрямків інтеграції ВЕР у регіональну енергетичну систему.

Виклад основного матеріалу дослідження База дослідження включає дані щодо утворення та оброблення відходів: Обсяги відходів за класами безпеки, утворення та поводження з ними по районах та громадах, а також кількість установок для оброблення та полігонів (дані за 2022–2023 рр.). Ці дані слугують для визначення потенційної сировинної бази ВЕР.

Для оцінки масштабу проблеми та визначення потенційної сировинної бази для вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) було проаналізовано динаміку утворення та оброблення відходів за видами протягом 2010–202 рр. (Рис. 1).

Аналіз даних, візуалізованих на рис. 1, дозволяє зробити низку ключових висновків щодо масштабів ресурсного потоку та ефективності системи управління відходами в регіоні. Насамперед, простежується значна мінливість і циклічність загального обсягу відходів, який протягом досліджуваного періоду коливався в широкому діапазоні — від 1288,1 тис. тонн у 2011 році до пікового значення 2750,7 тис. тонн у 2019 році. Це підтверджує наявність потужної та стабільної за масштабом сировинної бази, яка потенційно може бути залучена до виробництва вторинних енергетичних ресурсів.

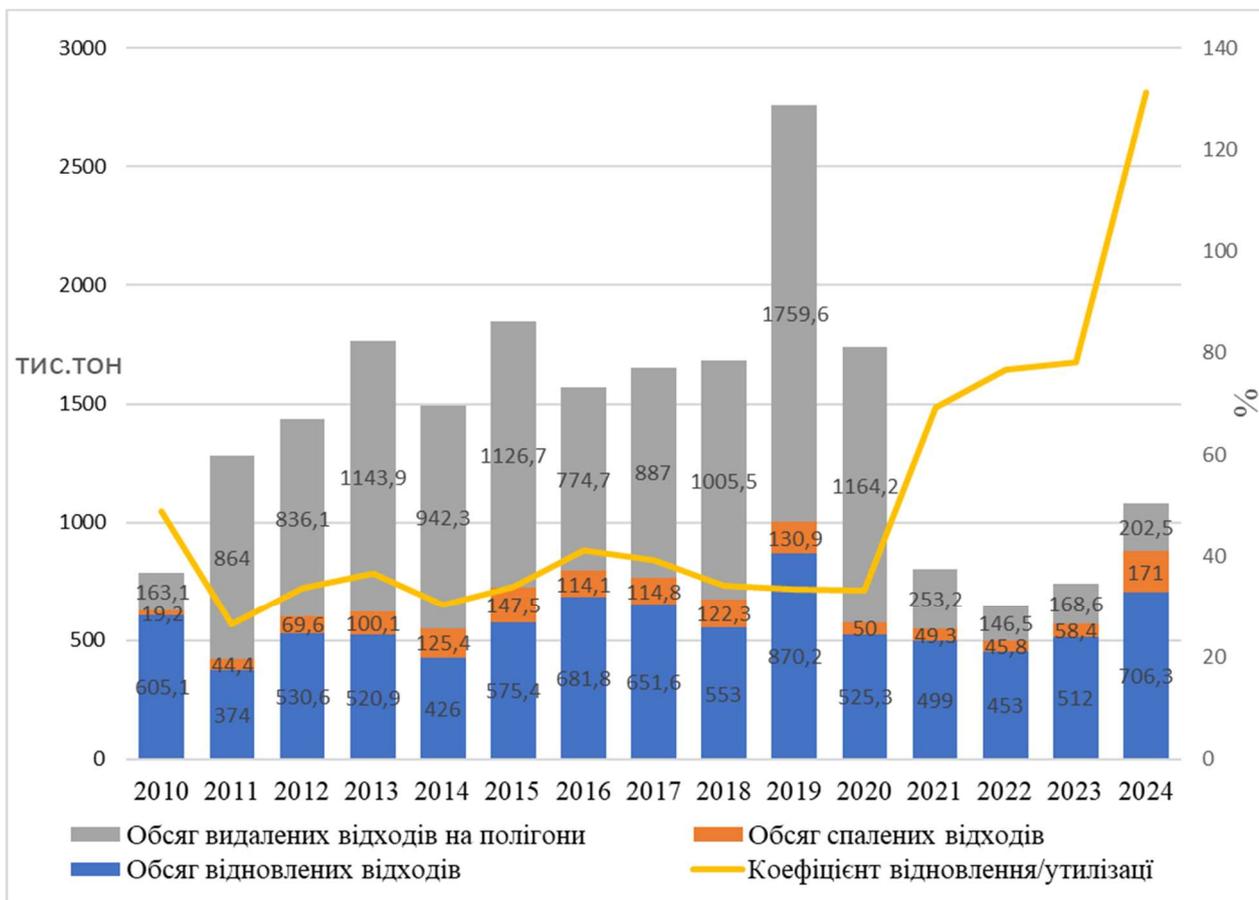


Рис. 1. Динаміка та структура поводження з відходами за видами 2010–2024 рр., тис. тонн*

*За даними управління статистики в Івано-Франківській області [5]

У 2023 році загальний обсяг відходів становив 1686,6 тис. тонн, тоді як у 2024 році зафіксовано його подальше скорочення до 1108,8 тис. тонн. Водночас зменшення абсолютного обсягу не означає зниження актуальності проблеми, оскільки навіть у 2024 році регіон формує значний ресурсний потік, який потребує ефективних технологічних рішень з точки зору циркулярної економіки.

Структурний аналіз показує, що домінуючим напрямом поводження з відходами протягом більшої частини періоду залишалося захоронення на полігонах (сірий сегмент). У 2019 році обсяг видалених відходів досяг 1759,6 тис. тонн, що є абсолютним максимумом за весь період спостережень і свідчить про критичне порушення ієрархії поводження з відходами. Навіть після різкого скорочення загального обсягу відходів у посткризові роки проблема зберігається: у 2023 році на полігони було спрямовано 146,5 тис. тонн, а у 2024 році — 202,5 тис. тонн, що вказує на відновлення тенденції до захоронення залишкових потоків.

З економічної точки зору така структура означає формування постійного фінансового тягаря для регіону у вигляді витрат на експлуатацію полігонів, екологічний моніторинг та майбутню рекультивацію територій. Кожна тонна захоронених відходів є втраченим джерелом потенційної енергії або вторинної сировини.

Обсяги спалених відходів, що відповідають технологіям енергетичного відновлення (помаранчевий сегмент), залишаються вкрай незначними протягом усього періоду. Вони коливалися в межах 19,2–147,5 тис. тонн, що свідчить про фактичну відсутність системної інтеграції ВЕР у регіональну енергетичну систему. У 2023 році спалення становило лише 58,4 тис. тонн, тоді як у 2024 році показник зріс до 171,0 тис. тонн, що може розглядатися як перший сигнал активізації напрямку енергетичного використання відходів, хоча його масштаб все ще є недостатнім.

Більш позитивною є динаміка відновлення відходів (рециклінг і повторне використання). Обсяги відновлених матеріалів у 2019 році

досягли 870,2 тис. тонн, у 2023 році становили 512,0 тис. тонн, а у 2024 році зросли до 706,3 тис. тонн. Проте навіть за такого зростання формується значний залишковий потік відходів, непридатний для матеріальної переробки, який доцільно спрямовувати саме на виробництво вторинних енергетичних ресурсів, а не на полігони.

Аналіз коефіцієнта відновлення/утилізації демонструє важливі структурні зрушення. У 2016–2020 роках його значення перебувало на відносно низькому рівні (переважно 33–41%), що відображало домінування лінійної моделі «утворення–захоронення». Починаючи з 2021 року, показник демонструє стрімке зростання і досягає 78,2% у 2023 році, а у 2024 році — понад 120%, що пояснюється поєднанням зменшення загального обсягу утворення відходів та активізацією процесів відновлення і спалення. Така динаміка є індикатором переходу до елементів циркулярної моделі, хоча вона значною мірою зумовлена кризовими чинниками, а не системними інституційними змінами.

Таким чином, виявлена структурна диспропорція між обсягами захоронення та енергетичного використання відходів є ключовим економічним аргументом на користь впровадження ВЕР-проектів у регіоні. Перехід від захоронення до енергетичного відновлення дозволить трансформувати екологічну проблему у економічний актив, зменшивши уникнені витрати та підвищивши енергетичну стійкість регіону.

Водночас, незважаючи на те, що частка небезпечних відходів I–III класів у загальному обсязі утворення не перевищує 0,4%, їх неконтрольоване накопичення створює непропорційно високі екологічні та соціальні ризики. Відсутність сталої системи їх кінцевої обробки залишається одним із найбільш критичних викликів регіональної екологічної безпеки.

У 2023–2024 роках додатковим чинником, що вплинув на зміну обсягів утворення та структури відходів у регіоні, стало збільшення кількості внутрішньо переміщених осіб (ВПО). Масове переміщення населення внаслідок воєнних дій призвело до зростання навантаження на житлово-комунальну інфраструктуру, системи поводження з побутовими відходами та енергоспоживання в регіоні. Це частково пояснює відновлення тенденції до зростання обсягів захоронення у 2024 році (202,5 тис. тонн) після їх зниження у 2022–2023 роках, а також загальне збільшення обсягів відновлених і спалених відходів.

Таким чином, зростання обсягів відходів у 2024 році не слід інтерпретувати виключно як результат економічної активізації, а радше як наслідок структурних демографічних зрушень, що сформували додатковий та нестабільний ресурсний потік. У цьому контексті відходи, утворені внаслідок концентрації ВПО, слід розглядати не лише як екологічний виклик, а і як потенційне джерело вторинних енергетичних ресурсів, здатне частково компенсувати зростаючі потреби регіону в енергії за умов обмеженого доступу до традиційних енергоресурсів.

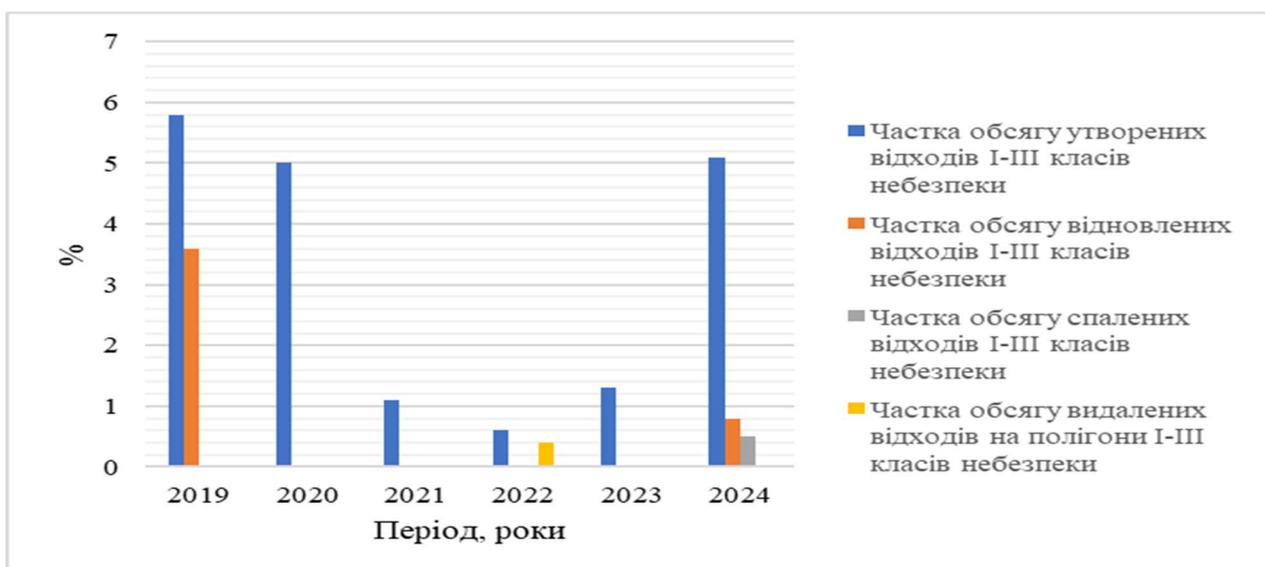


Рис. 2. Частка поводження з відходами I–III класів небезпеки за період 2019–2024 рр.

Аналіз частки поводження з відходами I–III класів небезпеки (рис. 2) є ключовим інструментом для оцінки ефективності регіональної політики управління небезпечними відходами, оскільки дозволяє перейти від абсолютних обсягів до структурного співвідношення між утворенням, відновленням, спаленням та видаленням таких відходів.

З цією метою застосовано підхід оцінки так званого «розриву безпеки», який визначається як різниця між часткою новоутворених небезпечних відходів та сукупною часткою відходів, що були фактично знешкоджені або безпечно оброблені (відновлення та високотемпературне спалення). Такий підхід дозволяє кількісно оцінити ступінь відповідності наявної інфраструктури реальним потребам поводження з відходами I–III класів небезпеки.

Результати аналізу свідчать, що у 2019–2020 роках частка утворених небезпечних відходів була відносно високою (понад 5% від загального обсягу відходів), при цьому фіксувалася обмежена, але наявна частка їх відновлення, що вказувало на часткову працездатність механізмів спеціалізованої обробки. Проте, починаючи з 2021 року, спостерігається різке скорочення як відновлення, так і спалення відходів I–III класів небезпеки, що фактично означає втрату або недоступність відповідних потужностей у регіоні.

Особливо критичною є ситуація у 2022–2023 роках, коли зафіксовано практично повну відсутність процесів відновлення та термічного знешкодження небезпечних відходів. У цей період утворені відходи I–III класів небезпеки або накопичувалися на підприємствах, формуючи відкладений екологічний та фінансовий ризик, або, що є екологічно неприпустимим, видалялися на полігони загального типу, що було зафіксовано у 2022 році. Наявність навіть незначної частки захоронення небезпечних відходів на звичайних полігонах є прямим індикатором порушення екологічних норм, оскільки такі відходи вимагають виключно спеціалізованого поводження.

У 2024 році спостерігаються певні структурні зрушення, які, однак, не змінюють загальної критичної оцінки ситуації. З одного боку, фіксується зростання частки утворених відходів I–III класів небезпеки (понад 5%), що може бути пов'язано з підвищенням антропогенним та інфраструктурним

навантаженням, у тому числі внаслідок збільшення кількості внутрішньо переміщених осіб у регіоні. З іншого боку, у 2024 році з'являється обмежена частка відновлення та спалення небезпечних відходів, що може свідчити про часткову активізацію або відновлення окремих каналів обробки. Водночас ці обсяги залишаються недостатніми для ліквідації накопиченого «розриву безпеки».

Таким чином, рисунок 2 наочно демонструє стійку структурну невідповідність між обсягами утворення небезпечних відходів та можливостями їх безпечно знешкодження. Ця невідповідність є прямим економічним і екологічним обґрунтуванням необхідності переходу до європейської моделі поводження з небезпечними відходами, яка передбачає пріоритетне високотемпературне термічне знешкодження з енергетичним відновленням та мінімізацію будь-яких форм захоронення. Аналіз структури відходів є критичним для визначення найбільш перспективних ВЕР та пріоритетів переробки. Дані відображають утворення відходів I–IV класів небезпеки, крім твердих побутових, які входять у загальний обсяг (тис. тонн).

За даними управління статистики в Івано-Франківській області наведемо динаміку утворення відходів за категоріями (тис. тонн)

Загальний обсяг утворення відходів у 2023 році зріс більш ніж удвічі (+105,3%) порівняно з 2022 роком, що свідчить про відновлення промислової та економічної активності.

Найбільшою новою категорією у 2023 році стали Відходи згоряння обсягом 554,6 тисяч тонн, які були повністю відсутні у 2022 році, що свідчить про активізацію термічної переробки або енергетичної утилізації відходів як вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), причому ці відходи самі є цінним потенційним ВЕР, наприклад, для будівельної індустрії, або ж така зміна вказує на зміну методології обліку. Обсяги Текстильних відходів різко зросли на 125,0%, Хімічних відходів — на 67,4%, а Непридатного обладнання — на 83,3%, і ці категорії мають високий потенціал для використання як вторинна сировина та ВЕР. Водночас, спостерігається значне зменшення утворення Відпрацьованих олив на 22,1% та Відходів акумуляторів на 58,8%, що є позитивним економічним фактором, оскільки це може бути наслідком як зменшення їхнього використання, так і підвищення ефективності збору та відновлення цих матеріалів. Повна відсутність Шламів та рідких відходів очисних

споруд у 2023 році порівняно з попереднім роком є аномалією, яка, швидше за все, пояснюється зміною методики звітності або тимчасовим припиненням діяльності відповідних підприємств.

Таблиця 1

Аналіз структури та динаміки утворення відходів за матеріалами

Показник	Утворено відходів	Утворено відходів	Зміна, %
	2022	2023	
Відпрацьовані оливи	105	81,8	-22,1
Хімічні відходи	68	113,8	67,4
Шлами та рідкі відходи очисних споруд	385		
Змішані відходи чорних та кольорових металів	0	0,1	-
Гумові відходи	0,8	0,1	-87,5
Пластикові відходи	0	0,1	-
Текстильні відходи	24	54	125
Непридатне обладнання	3,6	6,6	83,3
Відходи акумуляторів та батарей	24,3	10	-58,8
Відходи згоряння (ВЕР)	0	554,6	-
Грунтові відходи	0	0,8	-
Всього	610,7	1253,8	105,3

Проведений аналіз динаміки та структури потоків відходів Івано-Франківської області за 2010–2024 рр. підтвердив наявність значного, але недостатньо реалізованого ресурсного потенціалу вторинних енергетичних ресурсів. Навіть за умов скорочення загальних обсягів утворення відходів у окремі роки регіон формує стабільну сировинну базу, придатну для енергетичного відновлення.

Домінування захоронення над енергетичним використанням і переробленням свідчить про збереження лінійної моделі управління відходами, яка генерує економічні втрати, екологічні ризики та не сприяє підвищенню енергетичної стійкості регіону. Зростання коефіцієнта відновлення у 2023–2024 рр. має переважно кризовий, а не системний характер.

Обсяги енергетичного відновлення відходів залишаються критично низькими порівняно з потенційно доступним ресурсом, що підтверджує відсутність інтеграції ВЕР у регіональну енергетичну систему. Водночас зростання спалення у 2024 році може розглядатися як початковий сигнал можливого розвитку цього напрямку.

Аналіз поводження з відходами I–III класів небезпеки виявив наявність стійкого “розриву безпеки” — структурної невідповідності між обсягами утворення небезпечних відходів та можливостями їх безпечно знешкодження. Практична відсутність термічного знешкодження у 2021–2023 рр. створює непропорційно високі екологічні та соціальні ризики.

Структурні зрушення у 2023–2024 рр., зокрема поява значних обсягів відходів згоряння, а також зростання текстильних і хімічних відходів, підтверджують формування нових перспективних категорій вторинних енергетичних ресурсів, що можуть бути залучені до виробництва енергії або використані як вторинна сировина.

Додатковий антропогенний тиск, пов’язаний зі зростанням кількості внутрішньо переміщених осіб, посилив навантаження на регіональну систему поводження з відходами, що актуалізує необхідність децентралізованих ВЕР-рішень як інструменту одночасного підвищення екологічної та енергетичної безпеки.

Отримані результати обґрунтовують стратегічну доцільність переходу від полігонної моделі до енергетичного відновлення відходів з пріоритетом термічного знешкодження небезпечних потоків. Реалізація ВЕР-проектів дозволить трансформувати екологічну проблему у економічний актив та сформувати основу регіональної енергетичної автономії України.

Література

1. Calle Mendoza, F., Varma, P., Ferronato, N. Circular economy approach and technological pathways for solid waste management: A review. *Journal of Environmental Management*. 2025. Vol. 350. P. 119567. doi:10.1016/j.jenvman.2024.119567.
2. Міністерство енергетики України. Енергетична стратегія України до 2050 року. URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>.

3. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond the age of waste — Waste as a resource. Nairobi : UNEP, 2024. 200 p.
4. Sensoneo. Global Waste Index 2025. [Електронний ресурс]. URL: <https://sensoneo.com/global-waste-index/>.
5. Статистичний щорічник Івано-Франківської області за 2023 рік. Івано-Франківськ : Головне управління статистики в Івано-Франківській області, 2024. 350 с.

References

1. Calle Mendoza, F., Varma, P., Ferronato, N. Circular economy approach and technological pathways for solid waste management: A review. *Journal of Environmental Management*. 2025. Vol. 350. P. 119567. doi:10.1016/j.jenvman.2024.119567.
2. Ministry of Energy of Ukraine. Energy Strategy of Ukraine until 2050. URL: <https://mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>.
3. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond the age of waste — Waste as a resource. Nairobi : UNEP, 2024. 200 p.
4. Sensoneo. Global Waste Index 2025. [Electronic resource]. URL: <https://sensoneo.com/global-waste-index/>.
5. Statistical Yearbook of Ivano-Frankivsk Region for 2023. Ivano-Frankivsk: Main Department of Statistics in Ivano-Frankivsk Region, 2024. 350 p.

Melnychuk I.V., Voznyi V.Z. Analysis of the resource potential of secondary energy resources in the region: assessment of the raw material base of secondary energy resources and the “security gap”

The growing energy demand and the environmental consequences of fossil fuel use create the need to implement sustainable regional energy solutions. One of the key directions is the use of secondary energy resources, particularly waste-to-energy recovery, which combines the principles of the circular economy with improved efficiency of energy systems. In the context of the European Green Deal and the Energy Strategy of Ukraine until 2050, assessing the economic feasibility of

secondary energy resources becomes especially relevant at the regional level, where the raw material base is formed and the balance between waste generation, its energy potential, and community benefits is determined.

An analysis of waste flow dynamics in the Ivano-Frankivsk region for 2010–2023 revealed a significant but unrealized resource potential. The predominance of landfilling over recycling indicates a linear management model that generates economic losses and environmental risks. Despite the increase in the recovery rate to 78.2% in 2023, the volume of incineration remains minimal. A particular threat is posed by hazardous waste of classes I–III, whose share is relatively small, yet the absence of thermal treatment facilities creates a persistent “security gap.”

Structural analysis showed that in 2023 the total volume of waste doubled, while new categories, particularly combustion residues (554.6 thousand tons), demonstrate potential for the development of secondary energy resources. The growth of textile and chemical waste confirms the existence of a stable raw material base for implementing waste-to-energy technologies. Additional anthropogenic pressure related to migration processes and changes in consumption patterns has intensified the burden on the waste management system, highlighting the need for decentralized SER solutions. The assessment made it possible to quantify the scale of underutilized energy potential and identify priorities for infrastructure modernization. The results substantiate the strategic necessity of transitioning from a landfill-based model to energy recovery, which will ensure environmental safety, reduce financial costs, enhance energy resilience, and form the foundation of regional energy autonomy in Ukraine.

Keywords: *sustainable development, secondary energy resources, waste management, economic security*

Мельничук Іванна Василівна – к.е.н., доцент кафедри прикладної економіки, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Возний Василь Зеновійович – аспірант спеціальності 051 Економіка, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Стаття подана 10.11.2025.