

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ СОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ НА ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ: ДОСВІД ЄС ТА УКРАЇНИ

**В.О. Козоріз<sup>1</sup>, Т.В. Козуля<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> магістрантка кафедри ХТПЕ, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

<sup>2</sup> професор кафедри ХТПЕ, док. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

[Vladlena.Kozoriz@mit.khpi.edu.ua](mailto:Vladlena.Kozoriz@mit.khpi.edu.ua)

В сучасних умовах розвитку циркулярної економіки одним із ключових викликів екологічної політики є підвищення ефективності поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ).

Проблема раціонального поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є одним із ключових екологічних викликів сучасності. Щороку в Україні утворюється понад 11 млн тонн ТПВ, із яких близько 94% потрапляє на полігони (Держстат, 2023). Така ситуація призводить до втрати цінних вторинних ресурсів і значного антропогенного навантаження на довкілля. Водночас досвід країн Європейського Союзу доводить, що ефективне сортування та перевантаження відходів із подальшою передачею на переробку дає змогу досягти рівня утилізації понад 50–60% (European Environment Agency, 2024). Тому впровадження інноваційних технологій сортування ТПВ на перевантажувальних станціях є актуальним завданням екологічної політики України.

Мета роботи – оцінити екоефективність сучасних методів сортування ТПВ та запропонувати практичну схему інтегрованої системи поводження з відходами на перевантажувальних станціях.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. Проаналізувати сучасні технології сортування та перероблення ТПВ, що застосовуються у країнах ЄС.
2. Визначити екологічні та економічні показники екоефективності сортування.
3. Розробити узагальнену схему роботи перевантажувальної станції з передачею вторинної сировини іншим підприємствам.
4. Запропонувати рекомендації для адаптації європейського досвіду до умов України.

Аналітична частина (досвід ЄС та України).

У країнах ЄС реалізація принципів циркулярної економіки базується на поєднанні інтелектуальних технологій сортування (оптичні сенсори, IoT-системи, штучний інтелект) та розширеної відповідальності виробника (EPR). Згідно з Achilles і Vlachokostas (2025), впровадження “розумних” перевантажувальних станцій дозволяє зменшити частку полігонного захоронення на 40% і підвищити рівень повторного використання матеріалів до 65%. [1]

У Швеції, за даними IVL Swedish Environmental Research Institute (Ekvall et al., 2020), система сортування працює за принципом «від колиски до колиски» (Life Cycle Assessment). Це передбачає оцінку повного екологічного сліду від збирання, транспортування, сортування до повторної переробки. Застосування Circular Footprint Formula (CFF) дало змогу знизити енергоспоживання підприємств із сортування відходів на 12–18% і скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 15%. [2]

В Україні ж процес сортування перебуває на початковій стадії. Лише близько 6% ТПВ направляються на переробку. Основні проблеми: відсутність системного підходу,

низький рівень інвестицій, технологічне відставання перевантажувальних станцій і нерозвиненість ринку вторинної сировини. Проте низка пілотних проєктів у Києві, Львові та Харкові демонструє ефективність сучасних сортувальних ліній з автоматичним розпізнаванням матеріалів. [3]

Конструктивне рішення: запропонована схема роботи перевантажувальної станції.

Для підвищення екоефективності пропонується модель інтегрованої перевантажувальної станції, орієнтована на максимальне вилучення вторинних ресурсів і зменшення обсягів захоронення.

1. Етап приймання: ТПВ надходять із муніципальних маршрутів до станції. Первинне зважування та реєстрація даних здійснюються автоматично.

2. Попереднє сортування: відділення великогабаритних та небезпечних відходів вручну, а потім — механічне розділення потоків на органічну, пластмасову, скляну, паперову та змішану фракції.

3. Оптичне сортування: за допомогою інфрачервоних сенсорів відбувається автоматичне розпізнавання полімерів (PET, HDPE, LDPE).

4. Пресування і тимчасове зберігання: очищені матеріали пресуються для зменшення об'єму та передаються на вторинні підприємства:

- пластмаси - на заводи полімерної гранули,
- скло - на скловиробні підприємства,
- папір і картон - на целюлозно-паперові комбінати,
- органічні відходи - на біогазові установки або компостування. [4]

5. Енергетичне використання залишкової фракції: рештки відходів із низьким потенціалом перероблення надходять до установки RDF-палива для виробництва теплової енергії.

Запропонована схема забезпечує скорочення обсягів захоронення до 20–25% і підвищує коефіцієнт повторного використання ресурсів до 60%. За попередніми розрахунками, енергетичний потенціал від спалювання залишкових відходів може замінити до 5% теплового навантаження міського ТЕЦ.

Результати дослідження свідчать, що підвищення екоефективності сортування ТПВ можливе за умови поєднання технологічних інновацій, економічних стимулів і державної підтримки. Модель інтегрованої перевантажувальної станції з автоматизованим сортуванням, передачею вторинних ресурсів підприємствам та енергетичним використанням залишкових відходів відповідає принципам циркулярної економіки.

Запропонована схема може бути адаптована для середніх українських міст, забезпечуючи скорочення обсягів полігонного захоронення, створення нових “зелених” робочих місць та досягнення показника перероблення не менше 50% до 2030 року. [5]

### **Список літератури:**

1. *Achillas, C., Vlachokostas, C. Integrated Waste Management in the Circular Economy Era: Insights from Research and Practice / C. Achillas, C. Vlachokostas // Energies. – 2025.*

2. *Ekvall, T., Björklund, A., Sandin, G. et al. Modeling Recycling in Life Cycle Assessment / T. Ekvall, A. Björklund, G. Sandin // IVL Swedish Environmental Research Institute. – 2020.*

3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна стратегія управління відходами до 2030 року / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – 2021.

4. European Commission. Circular Economy Action Plan – For a Cleaner and More Competitive Europe / European Commission. – 2022.