

**УДК: 338.502**

**Якимчук А. Ю., д.е.н., професор, Навроцький Р. Л., здобувач**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЕКОЛОГО БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ**

**В статті наведено обґрунтування встановлення сортувальної лінії на полігоні твердих побутових відходів. Описано основне обладнання сортувальної лінії. Досліджено основні роботи обладнання для сортування відходів. Розраховано термін окупності проекту. *Ключові слова:* тверді побутові відходи, сортування відходів, сміттесортувальний комплекс.**

**Постановка проблеми.** Проблема поводження з твердими побутовими відходами виникла із появою виникнення людської цивілізації. В останні десятиріччя ця проблема загострюється у зв'язку із виникненням нових матеріалів, розширенням асортименту продукції, технологій перероблення відходів. Ринок нових товарів впливає на морфологічний склад твердих побутових відходів, з'являються нові фракції відходів, які насиченні шкідливими речовинами, а методи боротьби із відходами цих речовин залишаються такими, як і 50 років тому.

Ефективним методом утилізації відходів є сортування на сміттєпереробних заводах, які сприяли б не тільки зменшенню кількості звалищ, але і вторинному використанню ресурсів. Сміттєпереробна галузь в Україні досі не розвинена, налічується понад 6064 офіційних полігонів, з яких 217 уже не діють. Станом на 2015 рік Україна потребує 524 нових сміттєзвалища, з них в Рівненській області налічується 327 од [1]. Сміттеві полігони розростаються дуже швидко, забруднюючи ґрунт, ґрунтові води та повітря. Саме тому досить актуально постає проблема поводження з відходами.

Наразі в Україні працюючих утилізаційних заводів немає, і функціонує лише один сміттєспалювальний завод «Енергія», який лише частково допомагає позбутись від сміття у столиці, переробляючи до 25% столичного сміття.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням поводження з твердими побутовими відходами було приділено праці такі науковців як: В. С. Міщенко, Г. П. Виговська [5], В. В. Попович [7], Н. Б. Буряк, С. В. Лукаш [8].



**Метою дослідження** технолого-економічне обґрунтування встановлення сміттесортувальної лінії на полігоні твердих побутових відходів м. Рівного.

**Виклад основного матеріалу.** Постійне накопичення ТПВ спонукає до пошуку нових способів утилізації відходів, притаманних певній території. За останні десятиріччя в Україні складається тенденція до постійного накопичення та захоронення на полігонах твердих побутових відходів. Сортування практично не здійснюється через відсутність удосконаленої законодавчої бази та системи стимулювання сортування відходів як на рівні підприємств, так і на рівні домогосподарств.

Лінія для сортування відходів встановлюється безпосередньо на звалищах або на окремих територіях, прилеглих до полігонів твердих побутових відходів, не потребує додаткового перекриття. Обладнання для сортування ТПВ використовується для: побутового сміття, змішаних відходів, будівельних відходів, органічних і неорганічних відходів, макулатури і полімерів, подальшого вторинного використання та утилізації. Основними компонентами, які містяться у ТПВ є харчові відходи, скло, папір, картон та текстиль. Також в невеликих кількостях містяться метали, небезпечні відходи, кістки, шкіра, гума. Основний морфологічний склад ТПВ наведено у таблиці 1. За даними КАТП 1728 загальна кількість відходів, яка була вивезена протягом 2015 року, становить 120 000 т.

Таблиця 1  
Основний морфологічний склад ТПВ, що містяться у контейнерах м. Рівного

№ з/п	Назва сировини	%	тонн
1	Харчові відходи	22,1	26 478
2	Папір та картон	9,1	10 887
3	Полімери	9,4	11 307
4	Скло	11,8	14 145
5	Чорні метали	0,8	1 011
6	Кольорові метали	0,3	354
7	Текстиль	3,8	4 548
8	Дерево	1,6	1 905
9	Небезпечні відходи	2,2	2 676
10	Кістки, шкіра, гума	1,7	2 055
11	Упаковка комбінована	1,5	1 845
12	Залишок, у т. ч.:	35,7	42 786

Джерело: складено авторами на основі джерела [2]

Процес переробки відходів починається з сортувальної лінії,

яка дозволяє приймати як несортовані відходи, так і відходи, які пройшли етап сортування. КАТП 1728 та Санком-Рівне займаються вивезенням відходів з території м. Рівного та прилеглих сіл.

Основне обладнання сортувальної лінії складається з основних таких компонентів [3]: приймальний бункер із ланцюгово-стрічковим транспортером; завантажувальний ланцюговий транспортер; сортувальний транспортер для попереднього відбору; кабіна з сортувально-ланцюговим транспортером; стрічковий магнітний сепаратор для металів; поперечний ланцюговий транспортер для хвостів; контейнер для вторинної сировини; прес горизонтальний.

Сортувальна лінія є металевою конструкцією, розміщеною на відстані 3 м над рівнем підлоги. Під сортувальною лінією розміщені ємкості для відсортованих відходів, які розділені на відсіки з перегородками. Розмір сортувального модулю залежить від кількості відходів, яку спроможна лінія пропустити. Кількість робочих місць в сортувальній кабіні становить 16. Робочі місця сортувальників облаштовані світлом, вентиляцією, опалювальною технікою та аварійною кнопкою вимкнення. В приміщенні кабіни розташований пульт для управління всією лінією. Комплекс із сортування та переробки твердих побутових відходів з отриманням вторинної сировини монтується на бетонній рівній поверхні.

Тверді побутові відходи вивозяться на смітесортувальний комплекс в спеціальних автомобілях, які автоматично розвантажують ТПВ безпосередньо на приймальний майданчик. При великій кількості відходів розвантаження здійснюється на майданчику поруч із прийомним конвеєром, який має заглиблену горизонтальну ділянку. Оскільки сортування сміття проводиться населенням не досить ефективно, то для досягнення бажаного рівня сортування відходи завантажуються на транспортер для попереднього відбору відходів. З транспортера відходи попадають у сортувальну кабіну, де попередньо очищуються.

З приймального бункера після попереднього відбору за допомогою похилого конвеєра, який є маслобензостійкою стрічкою з перемичками, ТПВ подаються в сепаратор барабанного типу, де відбувається первинне очищення від забруднення, розривання зв'язаних пакетів та просіювання органічних та біологічних відходів. Завантажувальний ланцюговий транспортер оснащений мотором-редуктором потужністю 5,5 кВт та стрічкою шириною 1 м, довжиною 9 м. Сепаратор являє собою металеву конструкцію, яка обшита зовні сіткою з розмірами вічок 50x50 мм та встановлена на металеву раму. В ньому проводиться відділення малих та важких фракцій. Відсіяні через вічка сепаратора малі фракції ТПВ попадають в контейнер під



площадкою. З внутрішньої сторони сепаратора знаходяться ножі для розривання пакетів. Обертаючись барабан просіює органічні та біологічні відходи, які згодом можна використати для подальшої рекултивациі або компостування. Діаметр барабана 2 м, довжина сепаратора 6 м.

Після попереднього просіювання в барабанному сепараторі великогабаритні відходи транспортером подаються в спеціалізовану кабінку, в якій розташований стрічковий конвеєр з можливістю регулювання швидкості руху. З двох сторін конвеєра розташовані робочі місця сортувальників, які здійснюють ручне відділення відходів за видами (папір, полімерні відходи, деревина, скло). Кожен робочий відбирає декілька видів сировини. Відсортована вторсировина потрапляє до бункерів-накопичувачів місткістю 0,2 м<sup>3</sup>, де по мірі накопичення опускається в накопичувальний контейнер, який знаходиться під сортувальною лінією. Залишки, які не підлягають сортуванню, зберігаються на полігоні. В кінці конвеєра розташовується магнітний сепаратор, який відбирає кольорові метали та складає у контейнер для подальшого транспортування до складу металобрухту. Сепаратор являє собою стрічковий конвеєр з магнітами, який розташовують вище основної лінії. Відсортована вторсировина, яка піддається тюкуванню, подається для пресування та складається у спеціально відведеній будівлі.

Для обслуговування обладнання для сортування та переробки твердих побутових відходів з отриманням вторинної сировини необхідно залучити персонал в кількості 48 осіб (табл. 2). Для працівників встановлюється 8-годинний робочий день та 40-годинний робочий тиждень з двома вихідними.

Отже, на обслуговування обладнання для сортування відходів необхідно 87 000 тис. грн щомісяця. Протягом першого місяця використання обладнання витрати на персонал складуть 4 212 000 грн. Основний персонал, який буде залучатися, це сортувальники ТПВ. На території міста Рівного працює широке коло організацій, які здійснюють заготовку вторсировини. Основний перелік організацій наведено в таблиці 3.

Таблиця 2

Перелік персоналу та їх місячний оклад

№ з/п	Посада	Кількість	Місячна заробітна плата	Річна заробітна плата
1	Начальник цеху	2	9500	228000
2	Охорона	4	7000	336000
3	Робітники сортувальники	20	7500	1800000
4	Робітники цеху	2	7000	168000
5	Електрик	2	7000	168000
6	Прибиральник побутових приміщень	2	7000	168000
7	Машиніст-бульдозерист	4	7000	336000
8	Машиніст-тракторист	2	7000	168000
9	Машиніст-автонавантажувач	4	7000	336000
10	Слюсарів-наладчиків	2	7000	168000
11	Технолог	2	7000	168000
12	Бухгалтер	2	7000	168000
	Сума	48	87000	4212000

Джерело: складено авторами

Таблиця 3

Основні заготівельні організації вторинної сировини м. Рівного

№ з/п	Назва організації	Адреса
1	ВВ Партнер, ТОВ	м. Рівне, вул. Курчатова, 32
2	Алекс-Плюс, ППФ	м. Рівне, вул. Київська, 110а
3	Вторма-С, МПП	м. Рівне, вул. Біла, 85а
4	ЕКО-ХЕЛП, ТзОВ	м. Рівне, вул. Пересопницька, 146
5	Євростар, ПКФ, ТзОВ	м. Рівне, вул. Млинівська, 14
6	Приймальний пункт безпечних відходів	м. Рівне, вул. Лісовської, 12
7	Рівневтормет, ПАТ. Переробка металобрухту	м. Рівне, вул. Ніла Хасевича, 35
8	Рівнекоресурси, обласне управління	м. Рівне, вул. Д. Галицького, 19, оф. 404
9	Склотара-макулатура, ПП	м. Рівне, вул. Бахарєва, 23
10	Шарбон, НВП ТзОВ	м. Рівне, вул. К. Володимира, 112а
11	КДМ-5, ТОВ	м. Рівне, вул. Соборна, 370б
12	Коноплицький Іван Миколайович, ФОП	

Джерело: складено авторами

Основним доходом буде реалізація вторинної сировини. Сортувальним комплексом планується відсортовувати такі види сировини, як папір та картон, полімери, скло, чорні метали, кольорові метали, текстиль, дерево та реалізовувати їх згідно середніх закупівельних цін на вторинну сировину м. Рівного. Середні закупівельні ціни на вто-



ринну сировину м. Рівного наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

## Середні закупівельні ціни на основні види вторсировини

№ з/п	Назва сировини	Грн/кг.	Грн/т	Вартість
1	Папір та картон	2	2000	1 020 000
2	Полімери	4	4000	22 440 000
3	Скло	0,3	300	185 400
4	Чорні метали	2,5	2500	1 320 000
5	Кольорові метали	27	27000	1 296 000
6	Текстиль	2	2000	
7	Дерево			
Сума				26 261 400

Джерело: складено авторами

Отже, реалізація відсортованих відходів протягом року принесе прибуток у сумі 26 261 400 грн. Для реалізації проекту із сортування відходів потрібно здійснити закупівлю необхідного обладнання та будівельних матеріалів. Для встановлення обладнання необхідно підготувати територію розмірами: 60 м довжиною та 20 м шириною, збудувати приміщення для зберігання відсортованих відходів. Основний перелік обладнання наведено в таблиці 5.

Основними статтями витрат будуть складати будівельні матеріали, обладнання для сортування відходів та витратні матеріали, електроенергія. Загальна сума буде складати 9 548 695,1 грн. Розрахунок витрат на електроенергію наведено в таблиці 6.

Згідно даних Рівнеобленерго 1 кВт електроенергії для промислових підприємств та прирівняних до них споживачів з приєднаною потужністю 750 кВт і більше становить – 188,74 коп. кВт/ год. Електрична потужність, яка необхідна для встановлення обладнання, – 100 кВт/год. Середня норма споживання буде становити 50 кВт/год. Період експлуатації лінії складає 2008 годин на рік з кількістю робочих днів в році 251. Загальні витрати на електроенергію передбачаються в сумі 372 168,1 грн в рік. Основний дохід від встановлення сортувальної лінії на Рівненському полігоні твердих побутових відходів наведено в таблиці 6.

Таблиця 5

Перелік необхідних матеріалів та обладнання

№ з/п	Перелік необхідних матеріалів	Од. виміру	Кільк., од	Вартість за од.	Загальна сума
<b>Обладнання</b>					
1	Приймальний бункер зі ланцюгово-стрічковим транспортером	шт.	1	374 400	374 400
2	Завантажувальний транспортер	шт.	1	374 400	374 400
3	Сортувальний транспортер для попереднього відбору	шт.	1	526 500	526 500
4	Розривач кульків для сміття	шт.	1	200 000	200 000
5	Завантажувальний транспортер	шт.	1	374 400	374 400
6	Розбивочний барабан	шт.	1	526 500	526 500
7	Поперечні транспортери під барабаном	шт.	1	374 400	374 400
8	Кабіна з сортувально-ланцюговим транспортером	шт.	1	526 500	526 500
9	Транспортери для сировини	шт.	1	374 400	374 400
11	Завантажувальний транспортер	шт.	1	374 400	374 400
12	Магнітний сепаратор для металів	шт.	1	15 052	15 052
14	Контейнери для вторсировини	шт.	16	9 750	156 000
15	Прес гідравлічний ПГП - 45	шт.	6	162 474	974 844
16	Возики для збору і транспортування вторинного сировини	шт.	12	6 903	82 836
17	Гідравлічний штабелер	шт.	3	10 140	30 420
18	Камаз 6520	шт.	1	1 306 500	1 306 500
19	Гідроманіпулятор Epsilon M 100 L	шт.	1	546 000	546 000
20	Фронтальний погрузчик JSV 456	шт.	1	1 200 000	1 200 000
	Дизельне паливо	л.	10040	21	210 840
	Непередбачувані витрати	грн.	250000	250 000	250 000
<b>Будівельні матеріали</b>					
21	Профнастил Н-45J Ral 8017	м. кв.	440	140,0	61 600
22	Термопрофіль стіновий, направляючий (ТПС,ТПП 150/2,0)	кг	4205,8	30,5	128 276,9
23	Балки перекриття (ПС,ПП 150/2,0)	кг	4080	30,5	124 440
24	Профіль (обрешітка)	кг	4600,2	30,5	140 306,1
25	OSB, 10мм.	м. кв.	700	60	42 000
26	Метизи, (упаковка – 250 шт.)	уп.	40	186	7 440
27	Планка торцева Ral 8017	м. п.	40	117	4 680
28	Бетонний розчин	м. куб.	244	800	195 200
29	Щебінь	тонн	122	250	30 500
30	Пісок	тонн	122	130	15 860
<b>Сумма</b>					<b>9 548 695,1</b>

Джерело: складено авторами на основі джерел [3; 5]



Таблиця 6

Дохід від встановлення сортувальної лінії на Рівненському полігоні твердих побутових відходів протягом 2016-2021 року

Роки	Дохід від реалізації вторсировини	Витрати на електроенергію	Капітальні витрати на розміщення системи сортування	Заробітна плата персоналу	Дохід, грн
2016	26 261 400	372 168	9 548 965	4 212 000	12 128 537
2017	26 261 400	372 168	-	4 212 000	21 677 232
2018	26 261 400	372 168	-	4 212 000	21 677 232
2019	26 261 400	372 168	-	4 212 000	21 677 232
2020	26 261 400	372 168	-	4 212 000	21 677 232
2021	26 261 400	372 168	-	4 212 000	21 677 232
Сума	157 568 400	2 233 009	9 548 965	25 272 000	120 514 696

Джерело: складено автором

Дохід від встановлення сортувального комплексу на Рівненському полігоні твердих побутових відходів впродовж 2017-2021 року становитиме 120 514 696 грн. Для обґрунтування економічної ефективності проекту розраховуємо термін окупності проекту (табл. 7).

Таблиця 7

Розрахунок терміну окупності проекту із встановлення сортувальної лінії на Рівненському полігоні твердих побутових відходів протягом 2016-2021 року

Роки	Інвестиц. витрати, грн	Чисті грошові потоки, грн	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтовані інвестиції	Дисконтовані грошові потоки	Дисконтовані грошові потоки (кумулятивні)	Дисконтовані грошові потоки (кумулятивні)
2016	14132863	-	0,845	11942269	0	0	0
2017	4584168	12128537	0,69	3163076	8368690	8368690	12128537
2018	4584168	21677232	0,535	2452530	11597319	19966009	33805769
2019	4584168	21677232	0,38	1741984	8237348	28203358	55483001
2020	4584168	21677232	0,225	1031438	4877377	33080735	77160233
2021	4584168	21677232	0,07	320892	1517406	34598141	98837464
Сума	37053704	-	-	20652189	-	-	-

\*Ставка дисконту становить – 15,5% річних

$$PP = 3 + \frac{20652189 - 19966009}{8237348} = 3,1 \text{ року.}$$

Отже, провівши дослідження можна зробити висновки, що проект із розміщення сортувальної лінії на полігоні твердих побутових відходів окупиться через 3,1 року.

1. Офіційний сайт Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua/>. 2. Звіт про надання послуг (Дослідження і розробка санітарного очищення м. Рівне) / Український науково-дослідний інститут з розробки та впровадження комунальних програм та проектів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.city->



adm.rv.ua/rivneportal/ukr/files/sanochistka/tom3.pdf. 3. Офіційний сайт заводу обладнання лінії сортування твердих побутових відходів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ferox.com.ua/pererobna-galuz/liniyi-sortuvannya-tpv/>. 4. Каркасне будівництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://steelco.com.ua/index.php>. 5. Міщенко В. Організаційно-економічний механізм поводження з відходами в Україні та шляхи його вдосконалення / В. С. Міщенко, Г. П. Виговська. – К. : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2009. – 296 с. 6. Попович В. Пожежна безпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів [Електронний ресурс] / В. В. Попович. – Режим доступу: [http://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/popovych\\_21.pdf](http://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/popovych_21.pdf). 7. Буряк Н. Б. Проблеми збирання, транспортування та утилізація твердих побутових відходів в Україні / Н. Б. Буряк, С. В. Лукаш // Науковий вісник ЛДТУ України. – 2012. – С. 82–90.

Рецензент: д.е.н., професор Сазонець І. Л. (НУВГП)

---

**Yakymchuk A. Y., Doctor of Economics, Professor, Navrotskyi R. L., Applicant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **IMPROVEMENT OF METHODS OF ENVIRONMENTALLY SAFE HANDLING WITH SOLID WASTE WASTE**

**The article justifies the establishment of a sorting line at the landfill of solid domestic waste. The main equipment of the sorting line is described. The technology of waste sorting equipment operation is investigated. The payback period of the project is calculated.**

**Keywords:** solid domestic waste, sorting of waste products, waste sorting complex.

---

**Якимчук А. Ю., д.э.н., профессор, Навроцкий Р. Л., соискатель** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКОЛОГО БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ**

**В статье приведено обоснование установления сортировочной линии на полигоне твердых бытовых отходов. Описаны основное оборудование сортировочной линии. Исследована технология работы оборудования по сортировке отходов. Рассчитан срок окупаемости проекта.**

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, сортировка отходов, мусоросортировочный комплекс.