

**ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ ЯК РЕЗЕРВ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСТА**

Голік Ю. С., канд. техн наук, професор, **Крот О. П.**,
доктор техн наук, професор, **Серга Т.М.**, аспірантка

*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка». Україна*

**HOUSEHOLD SOLID WASTE AS A RESERVE
ENERGY POTENTIAL OF THE CITY**

Holik Yu., Candidate of Technical Sciences, Professor, **Krot O.**, Doctor of
Technical Sciences, Professor, **Serha T.**, graduate student

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Ukraine*

Анотація. Відходи є одним із найбільш вагомих факторів забруднення навколишнього середовища. Значні обсяги промислових та побутових відходів становлять реальну небезпеку для суспільства та навколишнього природного середовища (атмосферного повітря, ґрунту, поверхневих, підземних вод тощо), що сьогодні є складною проблемою та потребує невідкладного вирішення. Проблема відходів в Україні відізняється особливою масштабністю і значимістю як наслідок домінування в національній економіці ресурсоемних багатовідхідних технологій, так і через відсутність протягом тривалого часу адекватного реагування на її виклики. Значні масштаби ресурсокористування та енергетично-сировинна спеціалізація національної економіки разом із застарілою технологічною базою визначали й далі визначають високі показники утворення відходів. Сьогодні Україна відчуває дефіцит первинних енергоресурсів і сильно залежить від їх зовнішніх поставок, але ситуація погіршується на тлі воєнного стану. Доцільно раціонально використовувати ресурси, в основному вітчизняний природний газ, енергетичне вугілля, які разом з паливом розглядаються як важливий елемент забезпечення національної енергетичної безпеки та створення сприятливих умов для стабільного розвитку паливного комплексу і енергетики в складні часи. Ці обставини обґрунтовують важливість використання твердих побутових відходів з місцевих звалищ, оскільки останній фактор має залишкові енергетичні ресурси. Особливості даного дослідження більш доречні в післявоєнний період, коли виникла потреба в недорогих енергоресурсах, які б дозволили отримати доступ до теплової енергії.

Abstract. Waste is one of the most important factors of environmental pollution. Significant volumes of industrial and household waste pose a real danger to society and the surrounding natural environment (atmospheric air, soil, surface, underground water, etc.), which today is a complex problem that requires an urgent solution. The problem of waste in Ukraine is characterized by a particular scale and significance as a consequence of the dominance of resource-intensive multi-waste technologies in the national economy, as well as due to the lack of an adequate response to its challenges for a long time. Significant scale of resource use and energy and raw material specialization of the national economy, together with an outdated technological base, determined and continue to determine high rates of waste generation. Today, Ukraine experiences a shortage of primary energy resources and is highly dependent on their external supplies, but the situation worsens against the background of martial law. It is advisable to rationally use resources, mainly domestic natural gas and thermal coal, which, together with fuel, are considered an important element of ensuring national energy security and creating favorable conditions for the stable development of the fuel complex and energy industry in difficult times. These circumstances justify the importance of using solid household waste from local landfills, since the latter factor has residual energy resources. The features of this study are more relevant in the post-war period, when there was a need for inexpensive energy resources that would allow access to thermal energy.

Перед людством постає проблема: чи продовжувати перетворювати нашу планету на звалище відходів і зробити її непридатною до життя або ж змінити своє ставлення до природи і навчитися по-господарському ставитися до неї. У осяжній перспективі ми не зможемо відмовитися від захоронення відходів на полігонах, проте необхідно до мінімуму звести цю частину. Сьогодні очевидно, що всі види паливних ресурсів на планеті зменшуються, і лише об'єм відходів, які створює людина, постійно збільшується.

За Законом України «Про відходи» від 05.03.1998 № 187/98-ВР відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення [3]. Кількість відходів збільшується з ростом населеного пункту та доходом населення.

Одними з найгостріших екологічних проблем у Полтавській області, зокрема місті Полтава, залишаються питання, що пов'язані з побутовими відходами: їх утворення, накопичення, відсутність належного рівня переробки, переважне видалення відходів, зокрема на несанкціоновані сміттєзвалища [4, 5].

Сучасні полігони твердих побутових відходів (ТПВ) – це спеціалізовані інженерні споруди, які обладнані захисним протифільтраційним екраном, системами збору та утилізації інфільтратів та біогазу, системою технічної та біологічної рекультивациі, системою збору та відведення умовно чистих атмосферних вод. Однак, більш ніж 80% полігонів ТПВ, що експлуатуються сьогодні в Україні не відповідають санітарним та технічним нормам, тобто фактично є звалищами та створюють техногенне навантаження на складові навколишнього середовища [6]. Відходи, що там розміщені, зазнають складних фізико-хімічних та біохімічних змін під впливом атмосферних явищ, специфічних умов, що формуються у товщі відходів, а також в результаті взаємодії між собою. Це призводить до утворення різних токсичних сполук, які, потрапляючи до навколишнього середовища, негативно впливають на його компоненти [7].

Звалища ТПВ несуть також значну санітарну небезпеку, тому що є сприятливим середовищем для розвитку паразитичної фауни та патогенної мікрофлори. Зараження підземних та поверхневих вод, ґрунту продуктами інфільтрації, безконтрольне утворення метану, яке спричиняє самовільне самозаймання полігонів, є лише частиною тих техногенних загроз, із якими борються відповідні органи та служби.

Європейське законодавство в системі поводження з відходами окреслює такі пріоритетні напрями: запобігання утворенню відходів; повторне використання; відновлення енергії з відходів; біологічні процеси з набуттям енергоносіїв; вивіз на полігон. Переробка відходів означає, що відходи будуть використовуватися для заміни інших матеріалів. Переробка сировини зменшує вплив на навколишнє середовище, економить енергію та природні ресурси [4, 10].

Тверді відходи являють собою багатофракційну (практично невизначеного хімічного та фізичного складу, навіть за умови попереднього сортування) суміш неорганічних та органічних речовин (пластмаси, паперу, деревини, гуми, текстилю, харчових відходів тваринного й рослинного походження тощо), що ускладнює вибір універсальної технології переробки й знешкодження всіх складових, а з іншого, накладає жорсткі вимоги з екологічної безпеки як до самого технологічного процесу, так і до кінцевих продуктів утилізації [8].

Фізико-хімічні властивості визначають ступінь небезпеки багатокомпонентних сумішей та вплив на довкілля, біосферу в цілому і організм людини зокрема: можуть представляти хімічну, біологічну, токсичну, корозійну, вогне- та вибухонебезпечність, але можуть бути

потенційно використані як сировина в інших галузях господарства або в ході утилізації.



Рисунок 1 – Ієрархія пріоритетів поводження з відходами

Необхідно розглядати політику, пов'язану з системами управління відходами, разом з питаннями національної енергетичної незалежності, політики екологічної безпеки та економічного зростання [9]. Основними засадами державної політики є пріоритетний захист навколишнього природного середовища та здоров'я людини від негативного впливу відходів, забезпечення економічного використання матеріально-енергетичних ресурсів, наукова адаптація екологічних, економічних і соціальних благ суспільства. використовувати їх для забезпечення сталого розвитку.

Розглядаючи основні принципи [10] керування відходами, потрібно відзначити, що найголовнішим є попередження утворенню відходів, потім повторне використання та рециклінг відходів, біологічні методи переробки компостування або зброджування, спалювання, а також інші методи термічної утилізації ТПВ з утворенням енергії.

Доречним є звести до мінімуму вивезення відходів на сміттєзвалища та їх негативний вплив на навколишнє природне середовище. З іншого боку тверді побутові відходи (ТПВ) можуть бути альтернативним джерелом енергетичних ресурсів, яке не вимагає

добування, транспортування та підготовки. Підприємства з термічного знешкодження відходів досить широко експлуатуються у країнах Європейського Союзу, США, Японії тощо [11]. Проблема низького відсотку використання таких підприємств в Україні обумовлена відсутністю відповідної достовірної інформації про технології і обладнання. Отже, проведення дослідження, пов'язаного з оцінкою енергетичного потенціалу відходів і його можливим застосуванням у різних галузях, може бути використано в якості платформи для переходу управління відходами до більш сучасних, які є загальноприйнятими у високорозвинених країнах. Для використання відходів у якості альтернативного палива необхідно розробити комплекс методів термічної обробки твердих побутових відходів, з урахуванням їх хімічних та фізичних властивостей. Термічні методи знешкодження відходів, спрямовані на скорочення обсягу відходів, перетворення відходів у нешкідливі матеріали та генерування теплової або електричної енергії, з мінімальним впливом на навколишнє середовище [12]. Для багатьох відходів термічне знешкодження (спалювання) є привабливим або необхідним елементом системи управління відходами. Термічне знешкодження відходів надає такі переваги: зменшення обсягу відходів, особливо це важливо для громіздких твердих речовин або відходів з високим вмістом пального; руйнування і знешкодження різних токсичних речовин, особливо – горючих канцерогенів, патологічно забрудненого матеріалу, токсичних органічних сполук або біологічно активних речовин; зменшення кількості полігонів та неорганізованих звалищ відходів, і, як наслідок, зменшення впливу на навколишнє середовище, через жорсткі вимоги до викидів забруднюючих речовин в атмосферу від сміттєспалювальних установок; рекуперація енергії, за умови, коли є великі кількості відходів і споживачі тепла або електроенергії знаходяться поблизу.

Утилізація відходів, згідно [13] з вимогами Директиви ЄС про відходи від 19 листопада 2008 р. (далі – Директива про відходи) – це будь-які операції, в результаті яких відходи приносять користь, замінюючи інші матеріали. Додаток II Директиви подає перелік операцій із утилізації – це, зокрема, використання відходів як палива або інші засоби вироблення енергії, регенерація розчинників, переробка металів та металевих сплавів, регенерація кислот чи основ, відновлення компонентів, що використовуються для зменшення забруднення, відновлення компонентів з каталізатору, повторна очистка мастил та інші види повторного вживання мастил, обробка землі з користю для сільського господарства чи екології та інші. Використання відходів як

палива може застосовуватися як додатковий метод управління до тих відходів, які не піддаються переробці і повторному використанню.

Усі Директиви про відходи, прийняті Європейською комісією, поділяють стратегії управління відходами на операції по відновленню і операції з видалення (ліквідації). У цьому контексті важливо зазначити, що «відновлення» означає будь-яку діяльність, основним результатом якої є технологічна обробка відходів, що включає вилучення та відновлення цінних компонентів відходів з поверненням їх для повторного використання або отримання енергії [14].

У Європі застосовується термін – «відходи в енергію», що відображає різні види технологій обробки відходів для отримання енергії у формі теплової, електричної чи альтернативного палива. Цей термін може включати технології збір метану із сміттєзвалищ, термальну обробку відходів на сміттєспалювальних заводах, спалювання RDF (твердого відновленого палива) на цементних заводах чи газифікацію.

Термін «спалювання відходів з відновленням енергії» охоплює технології, які безпосередньо спалюють відходи, а потім відновлюють енергію для вироблення електро- і/або теплової енергії. Цей процес застосовується в більше, ніж 450 енергетичних об'єктах по всій Європі і багатьох інших країнах в іншій частині світу [15, 16].

Технології, які використовують потоки відходів для виробництва енергії, визначаються як «енергія з відходів» («energy from waste»). Але «відходи в енергію» – це термін, який стосується при виробництві енергії за допомогою термічної обробки безпечних відходів. Хоча нові термічні процеси, такі як газифікація і піроліз, стають все більш популярними, термін «відходи в енергію» в основному належать до спалювання твердих побутових відходів.

Паливом називають горючу речовину, яку спеціально спалюють для одержання тепла і подальшого його використання для інших потреб у сільськогосподарському виробництві. Воно повинно мати певні властивості, тобто відповідати таким основним вимогам: порівняно легко займатися; при згорянні виділяти якомога більше теплоти; бути поширеним у природі, доступним при видобуванні та дешевим при виробництві; не змінювати свої властивості при транспортуванні та зберіганні; бути нетоксичним і при згорянні не виділяти шкідливих та отруйних речовин [17]. Цим вимогам найбільш повно відповідають речовини органічного походження: нафта, природний газ, тверді горючі копалини тощо.

Як вже зазначалося вище, основним завданням установки термічного знешкодження відходів, є забезпечення ефективного

спалювання цих відходів в заданій кількості. При спалюванні відходів вивільняється теплота, яка повинна бути корисно використана. Перед початком проектування такої установки необхідно з'ясувати з достатнім ступенем точності, яка кількість ТПВ утворюються протягом року, визначається кількість відходів на одного мешканця за добу. Проводиться аналіз ТПВ з визначенням їх морфологічного і гранулометричного складу, а також теплотехнічних характеристик, зокрема теплоти згоряння, з межами коливань її значень.

Дослідження компонентного і фракційного складу ТПВ є важливим аспектом при плануванні заходів щодо поводження з відходами. Ресурсний потенціал відходів залежить від їх складу і теплотехнічних властивостей і визначає ефективність застосування різних технологій [11, 18].

Морфологічний склад твердих побутових відходів визначають за джерелами їх утворення – житлові будинки (багатоквартирні та одноквартирні) та невиробнича сфера, установи та організації. У таблиці 1 морфологічний склад відходів Полтавської області за чотирима категоріями [19].

Наведені результати дозволили розрахувати та оцінити вищу та нижчу теплоти згоряння відходів на сухій основі. Результати розрахунку нижчої теплоти згоряння ТПВ Полтави на робочу масу: для багатоповерхових будинків - 19870 кДж/кг, приватний сектор - 18983 кДж/кг. Теплота згоряння ТПВ приблизно на 2000 кДж/кг більше, ніж теплота згоряння торфу. Теплота згоряння дещо підвищується при наявності надлишку полімерних та шкіряних матеріалів.

Спалювання використовується, коли теплотворна здатність вихідної сировини становить не менше 7 МДж/кг. Коли немає складних методів збору або коли вміст води вище, слід звернути увагу на біохімічні методи. Перетворення теплової енергії від спалювання може використовуватися для приведення в рух парової турбіни для виробництва електроенергії, але тільки з ККД 15-27%. Застосування газифікації дозволяє збільшити ефективність до 30%. Вироблення тепла може бути збільшена на 90%, завдяки застосуванню газу. Комбіновані теплоелектроцентралі (ТЕЦ) можуть мати ККД 40% при належному використанні.

Проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсів використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів викидів шкідливих речовин. Значні втрати при

транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни [20, 22].

Таблиця 1 – **Морфологічний склад відходів Полтавської області [19]**

№	Категорія відходів, %	Велика щільність населення	Одноповерхові будинки	Населені пункти (1000-5000) жителів	Населені пункти мен. 1000 жителів
1	Органічні відходи	29	19	14	19,3
2	Папір, картон	9	7	8	1,4
3	Пластик	13	13	13	7
4	Скло	15	21	17	24
5	Чорні, кольорові метали	0,8	1,1	2	3,8
6	Одяг (текстиль і взуття)	3,5	3,5	5,9	2,1
7	Дерево	0,4	1,9	1,7	1,6
8	Небезпечні	0,5	0,6	0,8	0,7
9	Кістки, шкіра, гума	1,8	4,4	5	3,1
10	Мінерали частинки	27	28,5	32,6	37

Необхідність розвитку альтернативних джерел енергії в Україні зумовлює сучасний аналіз використання енергоресурсів. Структура споживання енергоресурсів середньостатистичної європейської країни (у тому числі України) має такий вигляд: газ – 45%; вугілля – 20%; електроенергія – 20%; нафтопродукти – 15%; альтернативні джерела – 5% [21].

Варто відзначити [23], що в Україні енергетичну утилізацію сміття потрібно зробити економічно вигідним проектом, враховуючи такі важливі завдання: забезпечити енергетичну утилізацію твердих побутових відходів в екологічно безпечний спосіб у відповідності до європейських стандартів та врегулювати питання використання RDF як потенційного джерела енергії.

Зокрема, пропонується ввести у законодавство поняття відновлювального палива з побутових відходів як альтернативного джерела енергії та окреслити основні вимоги щодо його використання, особливо екологічні. Все це забезпечить визначення правового статусу палива, виробленого з побутових відходів як альтернативного джерела енергії, а впровадження законодавчих ініціатив дозволить досягти цілей Національної стратегії управління відходами до 2030 р. [24], зокрема:

- скоротити обсяг захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) до 30%;
- отримати 50% перероблення ТПВ;
- досягти рівня 10% енергетичної утилізації ТПВ;
- забезпечити гарантований ринок збуту для відновлювального палива зі сміття (RDF-паливо).

Необхідність економії природних ресурсів в умовах глобальних змін клімату і загострення екологічних проблем стає чи не найважливішою умовою екологізації природокористування. Концепція екологічно збалансованого (стійкого) розвитку ґрунтується на збільшенні використання відновлювальних джерел енергії, серед яких енергетика відіграє все більш значимішу роль. Використання енергетичного потенціалу у багатьох країнах здійснюється на основі Кіотського протоколу [25, 26].

Підбиваючи підсумок, можна однозначно стверджувати, що проблему відходів треба розв'язувати, виходячи з трьох принципів: по-перше, необхідність зниження до мінімуму забруднення довкілля відходами, по-друге, здобуття додаткового джерела теплової і електричної енергії, і, по-третє, здоров'я і безпека громадян, що є головним критерієм у вирішенні будь-якого завдання в країні. Водночас, збільшення використання палива у регіонах України здатне диверсифікувати виробництво теплової та електричної енергії, сприяти ресурсозбереженню, утилізації відходів і значному зменшенню викидів забруднюючих речовин у атмосферу.

Використані інформаційні джерела:

1. Holik Y., Illsash O., Maksiuta N.. Household waste management system Planning in the Poltava region // Ecological problems. 2021. Vol. 6. №4. Pp. 258–263.
2. Черп О. М., Вініченко В.Н. Проблема твердих побутових відходів: комплексний підхід. – [http:// www.ecologia.nier.org](http://www.ecologia.nier.org).
3. Закон України «Про відходи» (м. Київ, 04.10.2018 р., № 187/98-ВР). [Електронний ресурс] — Режим доступу: [http:// zakon.rada.gov.ua/go/187/98-вр](http://zakon.rada.gov.ua/go/187/98-вр)
4. Регіональний план управління відходами у Полтавській області до 2030 року. Полтава, 2021.
5. «Комплексна програма поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на період 2017–2021 роки». Полтава, 2017, 154 с.
6. Мислюк Є. В., Мислюк О. О. До питання про утилізацію твердих побутових відходів // Хімічні технології і екологія : Вісник ЧДТУ. 2008. №3. С.177–182.
7. Корінько І. В., Горох М. П., Вороненко В. О. Екологізація технологій регенерування та утилізації відходів : навч. посіб. / під заг. ред. І. В. Корінька.

Х. : КП «ХБК». ХНУМГ, 2015. 492 с.

8. Wilson D. C., Rodic L., Scheinberg A. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research*. 2012. №30(3), 7. P. 237–254.

9. *Waste to Energy: A Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices – Final Report*, Stantec, 2011. 88 p.

10. Talus K. Waste-to-Energy through gasification: an EU law assessment and critique. *Waste-to-Energy*. 2016. №3. P. 14.

11. Крот О. П. Моделювання та оптимізація процесів термічного знешкодження побутових і промислових відходів у теплогенеруючих установках : дис. док. техн. наук: Харків, 2019. 348 с.

12. Скрипник А. П. Аналіз морфологічного складу твердих побутових відходів України як складова підходу до вирішення проблеми відходів. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2007. Випуск 04. С. 78–86.

13. Директиви ЄС про відходи від 19 листопада 2008 р. 22.11.2008. Л 312. С. 3–30.

14. Попович Н. П. Екологічно безпечний збір, транспортування та знешкодження твердих побутових відходів : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) : 21.06.01 – екологічна безпека (101 «Екологія») / Наталія Пилипівна Попович; Міністерство освіти і науки України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Львів, 2019. 209 с.

15. Горобець О. В., Щербина І. Б. Екологічні, економічні та соціальні аспекти термічних методів утилізації відходів.

URL : http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/8160/5/NME_2016_179-183.pdf

16. Білопільська О. О. Еколого-економічні основи управління системою поводження з твердими побутовими відходами : дис. канд. економ. наук: 08.00.06/СДУ. Суми, 2014. 246 с.

17. Харченко Т., Сагайдак Ю. Удосконалення системи переробки твердих побутових відходів в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2014. №12(165). С. 41–46.

18. Горбулін В. П., Качинський А. Б. Системно-концептуальні засади стратегії національної безпеки України. К. : Євроатлантикінформ. 2007. 592 с.

19. Комплексна програма поводження з твердими побутовими відходами у Полтавській області на 2017 - 2021 роки. URL: https://www.adm-pl.gov.ua/sites/default/files/programma_vidhodu_2017_2021.pdf (дата звернення: 25.02.2023).

20. Дрозд І. П., Скляренко В. І. Огляд методів утилізування твердих побутових відходів. URL : <http://waste.com.ua/cooperation/2008/theses/drozd.html>

21. Душкін С. С., Дегтяр М. В. Технологія утилізації твердих побутових відходів. *Харк. нац. акад. міськ. госп-ва*. Х. : ХНАМГ, 2011. 86 с.

22. Іванюта С. П., Качинський А. Б. Екологічна та природньо-техногенна безпека України. Регіональний вимір загроз і ризиків : монографія. К. : НІСД, 2012. 308 с.

23. Рижков С. С., Маркіна Л. М., Рудюк М. В. Аналіз теплового

потенціалу технологій піролізу твердих побутових відходів і шляхи його реалізації. Збірник наукових праць НУК. 2012. № 1 (442), С. 124–127.

24. Постанова Кабінету Міністрів України Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року від 08.11.2017 р. №820-р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>

25. Тверді побутові відходи в Україні : потенціал розвитку. Сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. Підсумковий звіт. URL <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/>

26. Трофімов І. Л., Яковлева А. В., Іванченко О. В., Верягіна Л. С. Аналіз потенціалу твердих побутових відходів як сировини для виробництва альтернативних палив в Україні. Енергетика: економіка, технології, екологія : 376 науковий журнал. 2016. №2 (44). С. 105–111.