

## ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ТЕРМІЧНИХ МЕТОДІВ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

*Горобець О. В.* , к.е.н., доцент  
*Щербина І. Б.* , студент 4-го курсу  
*Житомирський національний агроекологічний університет*

*Розглянуто переваги і недоліки найбільш поширених термічних методів утилізації відходів – спалювання, піролізу та газифікації. Проаналізовано екологічні, економічні та соціальні наслідки утилізації твердих побутових відходів за допомогою зазначених методів. Зроблено висновок, що зазначені технології є економічно неефективними і неприйнятними з екологічної та соціальної точок зору.*

**Постановка проблеми.** Проблема утилізація та видалення твердих побутових відходів (ТПВ) супроводжує Україну протягом усіх років її незалежності. Незважаючи на постійне зменшення чисельності населення, в країні спостерігається щорічне зростання обсягів утворення твердих побутових відходів, яких накопичено близько 60 млн.м<sup>3</sup>, причому ці дані не повною мірою відображають дійсне утворення відходів, оскільки послугами зі збирання ТПВ охоплено лише близько 76 % населення України. Це, в свою чергу, призводить до виникнення стихійних звалищ, яких в Україні щорічно виявляється понад 30 тисяч. Складною проблемою залишається утилізація та видалення небезпечних відходів (люмінесцентних ламп, батарей, зношених шин, відходів електричного та електронного обладнання, транспортних засобів), частка яких в загальному обсязі ТПВ постійно зростає.

Основна маса ТПВ (майже 94 %) розміщується на 6700 полігонах та звалищах загальною площею понад 10 тис. га. Більшість сміттєзвалищ перевантажені та не відповідають санітарним і екологічним нормативам. Найбільша кількість полігонів ТПВ, що не відповідають вимогам, розташовані у Одеській (100 %), Сумській (100 %), Хмельницькій (100 %), Кіровоградській (100 %), Черкаській (95 %), Чернігівській (95 %), Чернівецькій (93 %), Рівненській (85 %) та Запорізькій (67 %) областях [1, с. 34].

Одним із методів вирішення проблеми накопичення відходів є їх термічна переробка, яка дозволяє зменшити обсяги поховання відходів на звалищах. Зазначений спосіб утилізації

відходів стає все більш популярним і в Україні, тому вивчення екологічних, економічних і соціальних аспектів зазначеного методу утилізації відходів є досить актуальним.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідженню теоретичних, методичних та прикладних аспектів поводження з відходами присвячено праці багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців, зокрема, О. Балацького, І. Бабаніна, Б. Горлицького, О. Губанової, М. Краснянського, В. Міщенко, Р. Мюррея, В. Сметаніна, І. Сотник, Н. Хижнякової, Т. Шевченко, С. Юфіта та ін. Проте до цього часу немає однозначної відповіді на питання щодо доцільності впровадження тих чи інших термічних методів утилізації відходів.

**Мета, об'єкт та методика дослідження.** Метою роботи є вивчення екологічних, економічних та соціальних аспектів термічних методів утилізації твердих побутових відходів. Об'єктом дослідження виступають існуючі найбільш поширені термічні методи утилізації відходів. У роботі були використані методи аналізу, синтезу, порівняння, та узагальнення.

#### **Результати дослідження.**

Серед промислових термічних методів утилізації ТПВ найбільшого поширення в наш час набули спалювання, піроліз та газифікація відходів.

Як показала світова практика, найбільш технічно відпрацьованою і поширеною виявилася технологія шарового спалювання побутових відходів у котлах, обладнаних печами з колосниковими решітками. До складу сміттєспалювального заводу (ССЗ) входять одна або декілька турбін та енерготехнологічних установок для термічної переробки ТПВ. Основним обладнанням цих установок є піч, котел-утилізатор і багатоступенева система газоочищення (з використанням карбаміду, лужного реагенту і активованого вугілля) [3, с. 180].

Основними перевагами цієї технології є її простота, стабільність процесу горіння у необхідному діапазоні температур, а також можливість спалювання відходів без їхньої попередньої підготовки – сортування, сушки чи подрібнення (на спалювання можна подавати відходи з лінійними розмірами до 1 м). В результаті спалювання відходів можна не лише зменшити обсяги утворених відходів, а й отримати електроенергію та тепло.

Проте науковці відзначають, що сміттєспалювальні установки мають низку суттєвих недоліків, зокрема:

- низький ККД (60-70 %);
- утворення під час роботи вторинних, надзвичайно токсичних відходів (поліхлорованих дибензодіоксинів, фуранів і біфенілів), які потім разом з важкими металами потрапляють у навколишнє середовище з димовими газами, стічними водами і шлаком [3];
- необхідність установки додаткових очисних споруд для багатостадійного очищення вихідних газів;
- використання для процесу спалювання значної кількості додаткового рідкого палива (до 265 л на 1 т відходів, що спалюють) [3].

Поширеність технологій спалювання побутових відходів у різних країнах світу суттєво відрізняється. Наприклад, в Австрії, Італії, Франції, Німеччині спалюється 20–40 % загального обсягу ТПВ; у Бельгії, Швеції – 48–50 %, в Японії – 70 %; в Данії, Швейцарії – 80 %; в Англії і США – 14 %; в Україні, Росії – 2 % [3].

Технології спалювання відходів постійно вдосконалюються. Ще однією сучасною, досить поширеною технологією, яка дозволяє ефективно спалювати відходи та інше низькоякісне тверде або рідке паливо, є технологія спалювання відходів у киплячому шарі. Суть цієї технології: в нижній частині реактора, де відбувається основне горіння відходів, за рахунок відповідної подачі повітря, форми решітки та конструкції реактора формуються парні вихрові зони – так звані вихровий "киплячий" шар – сукупність дрібних частинок, які інтенсивно рухаються в об'ємі реактора. У киплячому шарі до всіх часток палива надходить достатня кількість повітря. Це інтенсифікує процес горіння і сприяє більш повному згоранню відходів з широким діапазоном зміни теплоти згорання (від 6 до 32 МДж/кг). В результаті ККД установки збільшується до 80–85% [4, с. 20].

Основні недоліки цієї технології:

– необхідність попереднього подрібнення відходів до 10 см та вилучення з них металів, тому що занадто великі або металеві фракції можуть порушити аеродинаміку киплячого шару і вивантаження залишків золи;

– вузький діапазон робочих температур (750°C–950°C), що ускладнює регулювання продуктивності котла (якщо температура шару опускається нижче 750°C, горіння стає нестійким; якщо температура піднімається вище 950°C, в шарі починається утворення шлаку. Обидва варіанти можуть привести до зупинки котла);

– конструкція реакторів з киплячим шаром є більш складною, ніж печей для шарового спалювання відходів;

– необхідність використання складної автоматичної системи управління;

– підвищені витрати енергії на подрібнення відходів і подачу повітря для горіння.

Ще один спосіб термічної утилізації відходів – це піроліз, який, на відміну від спалювання, відбувається майже без доступу повітря. Піролізом називають процес розпаду органічної речовини при нагріванні в інертному середовищі у місткості із зовнішнім нагрівом. На відміну від спалювання відходів (де основним продуктом фактично є тепла енергія), у процесі піролізу із твердої органічної речовини, а також вуглецевмісної неорганічної речовини утворюються рідкі вуглеводні з більш низькою молекулярною масою (головним чином, смоли), горючі гази (метан, водень, оксид вуглецю) та твердий залишок (пірокарбон). Склад продуктів піролізу залежить від складу відходів і температури розкладання.

Піролізні установки, в залежності від температурного режиму процесу, поділяють на [2, с. 187]:

1. Низькотемпературні (450–500°C), що характеризуються мінімальним виходом газу, максимальною кількістю смол і твердих залишків;

2. Середньотемпературні (до 800°C), що характеризуються збільшеним виходом газу і зменшеною кількістю смол і масел;

3. Високотемпературні (900–1050°C), що характеризуються максимальним виходом газів і мінімальною кількістю смолоподібних продуктів.

За допомогою піролізу можна переробляти зношені автомобільні шини, пластмаси, відпрацьовані мастила, осад стічних вод тощо. Після піролізу не залишається біологічно активних речовин, а залишок, який утворюється, має високу щільність, що різко зменшує обсяг відходів, які потрапляють на звалища [4, с. 17].

Отже, кількість забруднюючих речовин, що виділяються при піролізі, значно менша від тих, що виділяються при спалюванні відходів на ССЗ. Проте піролізний газ необхідно очищати від кислих газів, зокрема, хлористого водню, внаслідок чого цей процес стає досить високовартісним через застосування спеціального устаткування і використання каустичної або кальцинованої соди; при цьому також не можна уникнути забруднення довкілля важкими металами [3].

До інших недоліків технології піролізу слід віднести:

– досить жорсткі вимоги щодо підготовки ТПВ, а саме: сортування відходів з метою виділення баластних фракцій (скла, металів, каміння), сушка і попереднє подрібнення відходів, оскільки наявність у відходах крупних фракцій може порушити роботу установки і вивести обладнання з ладу;

– низький попит на продукти переробки; труднощі, які виникають при зберіганні і транспортуванні отриманих продуктів;

– технологічні труднощі в роботі обладнання та його низька надійність;

– висока вартість обладнання та значні експлуатаційні витрати.

Зазначені недоліки призвели до закриття чи перепрофілювання більше, ніж 80 % побудованих на основі технології піролізу заводів по переробці ТПВ. В Японії, яка в 70–80-ті роки ХХ ст. була лідером з піролізної переробки побутових відходів, ще діють окремі заводи, які використовують технології піролізу, проте більшість з них має малу потужність (менше 60 тис. т на рік). Промислове використання таких технологій у Європі зазнало невдачі

внаслідок технічних проблем, які призводили до значних фінансових збитків. Побудовані заводи були зупинені, розібрані або перепрофільовані [4, с. 18].

Процес плазмової газифікації відходів відбувається аналогічно піролізу, але за наявності невеликої кількості повітря і при надвисоких температурах (2000–3200°C). У процесі газифікації побутові відходи розріджуються і доходять до плазмового стану. Відходи переробляються в шахтній печі, де у процесі газифікації відбувається їх окислення в шлаковому розплаві. Під впливом високих температур руйнуються органічні компоненти, а неорганічні компоненти в процесі плазмової газифікації розплавляються. Летючі шкідливі речовини видаляються з вихідних газів за допомогою газоочисних пристроїв. Утворений висококалорійний синтез-газ застосовується для виробництва тепла та електроенергії, а шлак – для будівельних потреб, наприклад, для будівництва доріг (але за умови, що у відходах відсутні небезпечні компоненти).

Основні недоліки цієї технології:

- необхідність попередньої сушки та подрібнення відходів до розмірів 20–40 см (що потребує додаткового обладнання та великих витрат енергії);
- технологічні труднощі при регулюванні процесу;
- висока енергоємність та вартість процесу плазмової газифікації.

Деякі економічні показники різних технологій утилізації ТПВ наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Економічні показники різних методів утилізації відходів**

Метод утилізації відходів	Економічні показники		
	Початкові витрати, дол. / т	Доходи	Термін окупності
Захоронення	18	–	–
Спалювання	43	48	10–15 років
Піроліз	70	110	4–7 років
Компостування	40	60	5–8 років
Рециклінг	30	80	5–10 років

Джерело: [5, с. 23].

Як видно з таблиці, термічні методи утилізації відходів є найдорожчими. Це викликано цілою низкою чинників:

- високою вартістю побудови і експлуатації сучасних сміттєспалювальних заводів (інвестиції для будівництва сучасного заводу, який має 2 печі для переробки 160 тис. т відходів на рік, складають близько 100 млн. євро [2, с. 166]);
- додатковими витратами енергії для здійснення технологічного процесу;
- низькою ефективністю рекуперації енергії (у Франції, наприклад, ця величина складає 150–192 кВт/год електроенергії, виробленої з 1 т спалених відходів. Натомість ефективність утилізації біогазу з полігону ТПВ складає 250 кВт/год);
- необхідністю спеціальної обробки та розміщення продуктів спалювання (токсичної золи, шлаків).

В результаті витрати на переробку ТПВ складають в середньому 100 євро за 1 т. Хоча великі сміттєспалювальні заводи є виробниками енергії, проте значні витрати на очищення викидів суттєво погіршують економічні показники таких підприємств. Багато науковців зазначають, що технології спалювання відходів є надзвичайно екологічно небезпечними. Так, при термічній переробці 1 т ТПВ утворюється: 4-8 тис. м<sup>3</sup> димових газів; близько 2 м<sup>3</sup> стічних вод; 250-450 кг шлаків; 40-50 кг золи. Димові гази сміттєспалювальних котлоагрегатів містять багато шкідливих речовин: оксиди сірки, азоту, вуглецю, альдегіди, кетони, вуглеводні парафінового ряду, циклопарафіни, циклічні ароматичні вуглеводні, важкі метали. Всього в димових газах ССЗ ідентифіковано і кількісно визначено 27 інгредієнтів. При спалюванні ТПВ в газоподібний стан переходять: 72-95 % ртуті, 85 % хлору, 75 % миш'яку, 38 % фтору, 5-33 % свинцю, 4-27 % цинку, 1-7 % міді, 7 % нікелю, 6 % хрому і 0,02 % заліза, що містяться в спалюваних відходах.

Діоксини можуть бути виявлені в пробах золи, шлаків, димових газів, повітря навколо установок спалювання, заводського пилу, крові виробничого персоналу. Обсяг утворення діоксинів залежить від наявності компонентів, що містять хлор і бром. Із загальної кількості хлору, який є в ТПВ, надходить з пластмасою близько 50 %, з целюлозно-паперовою продукцією – до 25 %, решта – з іншими матеріалами. Більшість діоксинів (близько 80%), що потрапляють у довкілля внаслідок спалювання побутових відходів, пов'язані з наявністю в них полівінілхлориду. Отже, спалювання змішаних відходів є надзвичайно небезпечним. Для того, щоб зменшити шкідливі викиди, необхідно впроваджувати попереднє сортування відходів, що суттєво збільшує вартість їх утилізації. Лише комплексна переробка побутових відходів з утилізацією всіх їх корисних складових є оптимальним методом виведення діоксинів і важких металів, які містяться у відходах, з навколишнього середовища.

Щодо соціальних аспектів, то будівництво ССЗ може мати певні переваги, зокрема, появу нових робочих місць, скорочення обсягу відходів, зниження потреби у площах для звалищ, припинення викидів метану в атмосферу. Проте негативний вплив термічних методів утилізації відходів на довкілля, в першу чергу, на атмосферне повітря, спричиняє підвищення рівня захворюваності у населення, яке проживає поблизу ССЗ, зокрема, на онкологічні захворювання, тому що викиди ССЗ можуть містити забруднюючі речовини (зокрема, важкі метали – свинець, кадмій, мідь, цинк, олово, ртуть; діоксини; поліароматичні вуглеводні), які є небезпечними канцерогенами [2, с. 192]. Зокрема, діоксини настільки токсичні, що їх ГДК в повітрі не повинна перевищувати  $10^{-13}$  г/м<sup>3</sup>. Внаслідок їх токсичності діоксини навіть називають хімічним СНІДом. Діоксини руйнують гормональну систему людини, що викликає імунodefіцит і послаблює захисні сили організму, і найголовніше – порушують роботу генетичного апарату людини. Це призводить до зростання кількості викиднів і народження дітей-інвалідів. Проте діоксини небезпечні не лише своєю токсичністю, але і здатністю залишатися в довкіллі, не розкладаючись, протягом як мінімум 10 років. Зокрема, в ґрунті діоксини можуть зберігатися від 10 до 20 років, період їх розкладання у воді може складати до 2 років [2, с. 194].

**Висновок.** Отже, проаналізовані технології термічної утилізації ТПВ, хоча і мають певні переваги (зменшення обсягів відходів та площі звалищ, припинення викидів парникових газів в атмосферу, можливість рекуперації теплової енергії, отриманої від спалювання відходів), проте є економічно неефективними і неприйнятними з екологічної та соціальної точок зору. Найкращим вирішенням проблеми накопичення твердих побутових відходів є здійснення заходів, спрямованих на їх скорочення (відмова від зайвого упакування, використання одноразових товарів, повторне використання), а також комплексна переробка відходів (сортування і подальша утилізація ресурсоцінних компонентів відходів) на сміттєпереробних підприємствах.

#### Список використаної літератури:

1. Стан довкілля в Україні за I квартал 2013 р.: інформаційно-аналітичний огляд. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/Informaciyno-analitichna\\_dovidka\\_pro\\_stan\\_dovkillya/oglyad\\_1\\_13.doc](http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/Informaciyno-analitichna_dovidka_pro_stan_dovkillya/oglyad_1_13.doc)
2. Краснянский М. Е. Утилизация и рекуперация отходов: Учебное пособие, издание 2-е, исправленное и дополненное. – Харків: Бурун Книга, 2007.– 288 с.
3. Дрозд І. П. Огляд методів утилізування твердих побутових відходів / І. П. Дрозд, В. І. Скляренко. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://waste.com.ua/cooperation/2008/theses/drozd.html>
4. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad\\_po\\_tbo.pdf](http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpnglavred/filebrowser/docs/doklad_po_tbo.pdf)
5. Скрипник А. В. Оптимізація утилізації відходів в Україні / А. В. Скрипник, І. С. Міхно // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. – 2014, № 2. – С. 14–26.