

СТАРОДУБЦЕВА О.В., ДонНТУ

**ДО РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

*У статті викладена актуальна проблема поводження з твердими побутовими відходами, відзначені існуючі недоліки її рішення, насамперед, через наявність діоксиноподібних з'єднань, у тому числі в процесі застосування методу пролізу, і запропонован новий підхід запобігання синтезу діоксинової решітки усередині реактора, а не за його межами, завдяки високим температурам і відновлювальній атмосфері.*

Актуальною проблемою, що має важливе екологічне і економічне значення, є знешкодження усіх видів побутових відходів, включаючи тверді (ТПВ). Кількість ТПВ у світі безупинно зростає, їхній негативний вплив на навколишнє природне середовище усе більш підсилюється, а процеси знешкодження ускладнюються через розширення морфологічного складу відходів (таблиця 1, мал. 1), появи в них речовин, які тривало розкладаються, (пластмас та ін.). Незважаючи на те, що в даний час у сфері поводження з ТПВ мається значна кількість технічних розробок і пропозицій, гострота проблеми не знижується.

Аналогічна картина має місце в Україні та її регіонах, особливо з високою концентрацією населення міських агломерацій. За даними [1] в Україні щорічно утворюються майже 8 млн. тонн ТПВ, з них у Донецькій області приблизно 1 млн. тонн [2]. На жаль, дотепер немає єдиної системи регламентуючих документів для ТПВ та прирівняних до них відходів. Дотепер не визначений ступінь і клас небезпеки ТПВ в залежності від компонентів, що містяться в них. Система керування ТПВ в Україні знаходиться в зароджуваному стані.

Із більш ніж двадцяти відомих методів поводження з ТПВ за останні десятиріччя у світовій практиці набули поширення три, з яких один - пасивний (поховання ТПВ на полігонах), і два - активних (спалювання і компостування відходів).

**Табл. 1.** Морфологічний склад ТПВ у Донецькій області (%)

№ п/п	Відходи	%
1	Харчові відходи	39,5
2	Відсів	25,3
3	Полімерні матеріали	8,3
4	Скло	7,4
5	Папір	5,9
6	Будівельне сміття	3,9
7	Текстиль	2,9
8	Метал	2,5
9	Шкіра, гума	1,4
10	Дерево	1,1
11	Каміння	1,1
12	Небезпечні відходи	0,6
13	Кістки	0,1

Найбільше поширення в Україні одержала система поховання на полігонах (98%).

Аналіз літературних джерел дозволив установити, що, з однієї сторони, полігони – прості і дешеві спорудження. Але з іншої сторони – це складна біохімічна система, що має ряд економічних і екологічних недоліків:

До недоліків полігонів у економічному плані відносяться:

- безповоротна втрата утильних фракцій;
- виведення із обертання на тривалий період великих площ земної поверхні;
- надмірно швидке переповнення існуючих полігонів через великий обсяг і малу щільність вміщуваних відходів;

- відсутність площ, придатних для розміщення полігонів, на зручній відстані від великих міст.

Полігони – це потенційно небезпечний екологічний об’єкт через наявність:

- фільтрату (продукту біо- і фізико-хімічних реакцій), що забруднює вододжерела;
- неконтрольовано викидають в атмосферу метан та інші звалищні гази, що не тільки забруднюють повітря навколо споруд, але і, за останніми даними, негативно впливають на озоновий шар Землі;

- неприємним побічним ефектом звалища для прилеглих будинків можуть бути навали пацюків і тарганів, особливо стійких до хімічних препаратів.

У зв’язку з викладеними недоліками в промислово розвинутих країнах ще на початку 80 –х років виникла «криза звалищ», що вказало на необхідність розробки активних технологій поводження з відходами на основі сміттєпереробки або сміттєспалювання.

Метод сміттєпереробки на основі компостування відкидається з причин:

- 30% некомпостуємих залишків вимагають поховання;
- забруднення компосту важкими металами.

Тому пильній увазі було піддане сміттєспалювання. Воно здійснюється з кінця 70-х років. «Законодавцями моди» на сміттєспалювальні заводи є США. На Україні існує три заводи із застарілим одноступеневим очищенням газів (Київ, Дніпропетровськ, Севастополь).

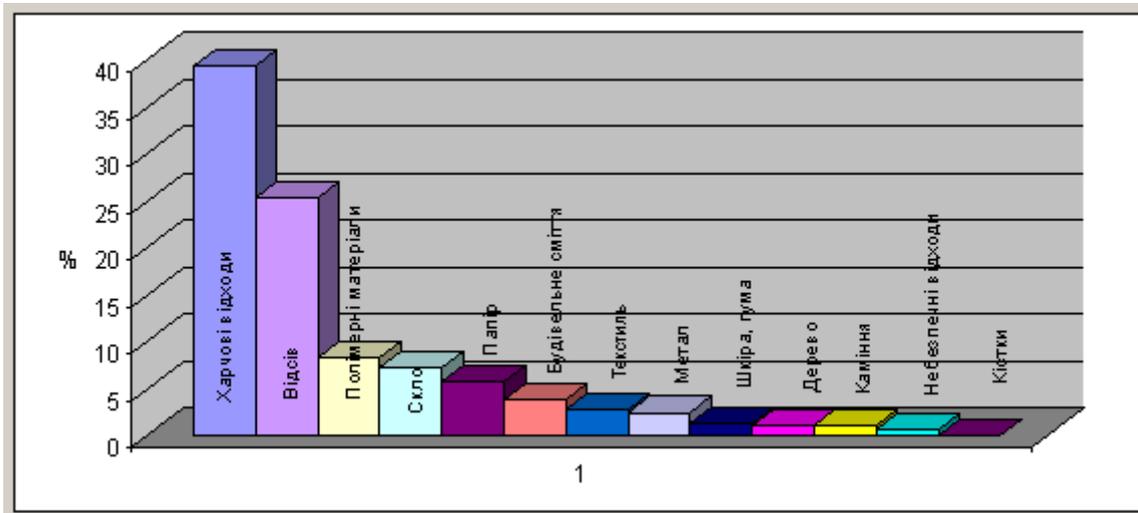


Рис. 1. Морфологічний склад ТПВ у Донецькій області (%)

У розвинутих країнах ТПВ розглядаються як постійно поповнюване, практично безкоштовне джерело енергії. У липні 2002 року Європарламент прийняв рішення розглядати біомасу з ТПВ і промислових відходів (ПО) як поновлюване джерело енергії.

У світовій практиці використовується метод вогневого (полум’яного) спалювання ТПВ [3, 4]. Спалювання здійснюють у печах і топках різних конструкцій. При цьому розрізняють:

- шарове спалювання вихідних – непідготовлених відходів у топках сміттєспалювальних котлів;

- шарове або камерне спалювання спеціально підготовлених (збагачених) відходів (звільнених від баластових складових та маючих відносно стабільний фракційний склад) у топках енергетичних котлів або цементних печей.

Сміттєспалювання – це найбільш складний і «високотехнологічний» варіант поводження з відходами.

На практиці встановлено, що полум’яному спалюванню властиві такі великі недоліки, тому що вони:

1. Є джерелом небезпечних викидів дрібнодисперсного пилу (25-50 кг/т ТПВ) і газів в атмосферу.

У газоподібному виді в атмосферу виділяються діоксид вуглецю, оксиди азоту, сірки, хлористий і фтористий водень. Оскільки процес горіння відходів відбувається при температурі 800-900°C, то в газах, що відходять, присутні органічні сполуки - альдегіди, феноли, хлорорганічні з’єднання (диоксин, фуран), а також з’єднання важких металів: свинцю, цинку, заліза, марганцю, сурми, кобальту, міді, нікелю, срібла, кадмію, хрому, олова, ртуті й ін.

Перераховані речовини небезпечні для здоров'я населення, викликають кислотні дощі ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  і ін.), впливають на зміну клімату ( $\text{CO}_2$  і ін.). Особливу небезпеку серед них являють діоксини. У природі подібних з'єднань немає. Це рукотворний супертоксин, першого класу небезпеки, сильніше якого людство нічого не створювало.

Слід зазначити, що названі продукти згорання забруднюють не тільки атмосферу, але, осідаючи і сорбуючись, забруднюють тверді шлаки і стічні води.

2. Генерує забруднену небезпечними речовинами (важкі метали й ін.) золу (3-й клас небезпеки), що по вазі складає від 30 до 45 % від вихідної ваги відходів, і яка в силу своїх хімічних і фізичних властивостей не може бути похована на звичайних звалищах. Для безпечного поховання золи застосовуються спеціальні сховища з контролем і очищенням стоків, однак знаходити площадки для них виявилось також утруднено, як і для полігонів.

3. Відрізняється високою технологічною складністю процесу, необхідністю установки через підвищені санітарні вимоги багатоступеневого складного по виконанню санітарного очисного устаткування; вимагає попередньої обробки ТПВ, тобто сортування (видалення великих об'єктів, металів, додаткового дрібнювання, сортування, витяг батарейок, акумуляторів, пластику, металів для зменшення небезпеки спалювання).

4. Дає низьку якість пари, унаслідок чого її використання для міських потреб стає проблематичним.

5. Приводить до знищення коштовних утильних органічних та інших компонентів ТПВ.

6. Характеризується дуже високими капіталовкладеннями і експлуатаційними витратами.

Таким чином, головний недолік сміттеспалювальних заводів – труднощі очищення газів, що виходять в атмосферу, від шкідливих домішок, особливо від діоксинів. Крім того, ці заводи перевершують сміттєперероблювальні заводи за капітальними та експлуатаційними витратами. Збільшення вмісту в ТПВ полімерних матеріалів приводить до збільшення концентрації шкідливих викидів у виходячих газах. Для зниження екологічної небезпеки сміттеспалювального заводу доводиться передбачати другий і третій ступінь очищення газів, що відходять, що ще більше збільшує капітальні витрати. Складною задачею при експлуатації таких заводів є, поряд з очищенням газів, що відходять, утилізація або поховання, токсичної золи (до 30% від сухої маси ТПВ), що залишаються після спалювання.

Зважаючи на викладене, застосування такого методу протягом трьох десятиліть показало, що шлях будівництва МСЗ, який раніше здавався перспективним, виявився тупиковим, а процес сміттеспалювання стали характеризувати, як «помийниця в небі». Можна констатувати, що «криза звалищ» змінилась «кризою МСЗ» [5]. Незаперечні переваги спалювання (швидкість, компактність) ставлять задачу продовження пошуків екологічно безпечних засобів знешкодження ТПВ. Проведений аналіз сучасних підходів дозволив установити, що одним з перспективних методів є метод термохімічного розкладання (деструкції) ТПВ – піроліз.

Він здійснюється без доступу повітря в спеціальних реакторах. Піролізу піддаються ТПВ (насамперед некомпостуємі побутові відходи (НПВ): пластмаса, гума, деревина, шкіра), близькі до них по складу ПО та інші органічні відходи.

Відходи, що надходять у реактор, звичайно до 90 % складаються з органічних речовин. У цій масі містяться вуглець, водень, і кисень. Їхнє співвідношення у відходах приблизно відповідає співвідношенню в целюлозі. Целюлоза – це високотемпературний полісахарид ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>n</sub>. Виходить, що відходи – це та ж целюлоза, тому що папір майже на 100% складається з целюлози; бавовняні і текстильні вироби – більш ніж на 90%; деревина – на 50% і т.д.

При термічній обробці целюлози (при відсутності доступу кисню) вона розкладається, утворюючи велику кількість різних продуктів.

Розкладання целюлози – це екзотермічний процес, що залежить від інтенсивності нагрівання вихідної сировини. При швидкому підйомі температури утворюється велика кількість парогазової суміші, і температура усередині апарата підвищується.

Повільне нагрівання супроводжується рівномірним виділенням продуктів реакції, при цьому тепло екзотермічного процесу видаляється з парогазовою сумішшю, не роблячи істотного впливу на температурний режим усередині апарату.

У той же час піроліз – це не просте розкладання органічного матеріалу, але і синтез нових продуктів. Ці стадії процесу взаємно зв'язані і протікають одночасно з тим лише розходженням, що кожна з них переважає у визначеному інтервалі температури або часу. Результатом піролізу є рідке і газоподібне паливо.

У залежності від температури ведення розрізняють низько- і високотемпературний види піролізу.

Низькотемпературний піроліз – це процес, при якому роздрібнений матеріал сміття піддається термічному розкладанню. При цьому процес піролізу побутових відходів має кілька варіантів:

- піроліз органічної частини відходів під дією температури у відсутності повітря;
- піроліз у присутності повітря, що забезпечує неповне згоряння відходів при температурі 760°C;
- піроліз з використанням кисню замість повітря для одержання більш високої теплоти згоряння газу;
- піроліз без поділу відходів на органічну і неорганічну фракції при температурі 850°C та ін.

Підвищення температури приводить до збільшення виходу газу і зменшення виходу рідких і твердих продуктів.

Високотемпературний піроліз – відрізняється тим, що цей спосіб утилізації ТПВ, власне кажучи, є не що інше, як газифікація сміття. Технологічна схема цього способу припускає одержання з біологічної складової (біомаси) відходів вторинного синтезу-газу з метою використання його для одержання пари, гарячої води, електроенергії. Складовою частиною процесу високотемпературного піролізу є тверді продукти у виді шлаку, тобто непіролізуємі залишки. Технологічний ланцюг цього способу утилізації складається з чотирьох послідовних етапів:

- відбір із сміття великогабаритних предметів, кольорових і чорних металів за допомогою електромагніту і шляхом індукційного сепарування;
- переробка підготовлених відходів у газифікаторі для одержання синтезу-газу і побічних хімічних сполук — хлору, азоту, фтору, а також шлаку при розплавлюванні металів, скла, кераміки;
- очищення синтезу-газу з метою підвищення його екологічних властивостей і енергоємності, охолодження і надходження його в скруббер для очищення лужним розчином від забруднюючих речовин - з'єднань хлору, фтору, сірки, ціанідів;
- спалювання очищеного синтез-газу в котлах-утилізаторах для одержання пари, гарячої води або електроенергії.

Високотемпературний піроліз у порівнянні з іншими методами має ряд переваг:

- при ньому відбувається більш інтенсивне перетворення вихідного продукту;
- швидкість реакцій зростає з експоненціальним збільшенням температури, у той час як теплові втрати зростають лінійно;
- збільшується час теплового впливу на відходи; відбувається більш повний вихід летучих продуктів;
- скорочується кількість залишку після закінчення процесу.

Висока інтенсивність термохімічного перетворення й оптимально побудований взаємозв'язок керованих енергопродуктових потоків усього технологічного циклу забезпечує гранично високі значення енергетичного ККД (86%) і ККД сумарного процесу (піроліз плюс газифікація, яка досягає 94%).

Сьогодні у світі існує велика різноманітність варіантів технологічного оформлення піролізу. Незважаючи на перераховані вище переваги цього способу в порівнянні з вогневим спалюванням, йому також властиві екологічні недоліки. Мова йде про утворення згаданих вище галоїдовміщуючих вуглеводнях (діоксидах), а також поліароматичних вуглеводнях (ПАВ) і оксидах важких металів, захист від яких перенесений на апарати газоочистки за межами реактора. Однак надійних санітарних очисних споруджень для уловлювання перерахованих вище з'єднань поки що не існує. Частково знижують вміст діоксинів у газах тільки вугільні фільтри, на яких діоксини необоротно зв'язуються.

Тому, тільки рішення проблеми діоксиноподібних з'єднань дозволить підвищити рівень конкурентноздатності піролізу. Останнє можливо тільки у випадку, якщо придушення діоксинів буде проводитися не поза реактором, а усередині його. Для цього, мабуть, варто відмовитися від доменного застосування роботи реактора який дозволяє продуктам зруйнованої при температурі 1200°C діоксинової решітки знову синтезуватися при знижених температурах 200 - 450°C у верхній зоні реактора.

Термодинамічний підхід для реалізації цієї ідеї полягає в тім, щоб за певних умов ліквідувати матеріальну базу повторного синтезу діоксинової решітки (на основі галоген-кисень), реалізувавши зв'язок галоген-водень. Останнє можливо, якщо в реакторі буде створена відновна атмосфера з надлишком вуглецю, що мається в самих ТПВ. На рішення цієї задачі повинні бути спрямовані наступні зусилля.

## Бібліографічний список

1. **О.Б. Лотоцкий** Проблемы и перспективы в сфере обращения с бытовыми отходами в Украине – Информационный журнал Строительство & ремонт №15, декабрь 2003. 52-53с.
2. **Земля** тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2001 році /під. ред. С. Куруленка/. – Донецьк: Новий мир . – 2002. – 108 с.
3. **Беньямовский Д.Н.** Термические методы обезвреживания твердых бытовых отходов. – М.: Стройиздат, 1979. – 192 с.
4. **Сметанин В.И.** Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. -М.: Колос, 2000. – 232 с.
5. **Матлак Е.С., Высоцкий С.П., Стародубцева О.В., Беляева Е.Л., Приходько С.Ю.** О стратегии удаления и переработки твердых бытовых отходов/ Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. трудов X международной научно-технической конференции, 8-14 сентября 2003г. в городе Севастополе; Донецк, 2003г. Т.2 – 213 – 222 с.

© О.В. Стародубцева, 2004

УДК 621.317

**НЕСТЕР А.А. РОМАНІШИНА О.В.** ( Хмельницький державний університет)

### **АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНОСТОКІВ ТА ДРУКОВАНИХ ПЛАТ**

*Розробка автоматизованої технології очистки гальваностоків, плат повинна бути практично забезпечена установками з псевдо зрідженим шаром, що і пропонується в даній статті.*

Охорона навколишнього середовища і раціональне використання природних ресурсів у даний час - одна з актуальних проблем сучасності. Основними джерелами утворення великих обсягів стічних вод, що забруднюють навколишнє середовище, є промислові і комунальні підприємства міст.

Пріоритетними напрямками в рішенні проблеми охорони водних ресурсів є скорочення скидань стічних вод у водойми і підвищення якості їх очищення.

Рішення першого напрямку передбачає скорочення водоспоживання, створення на промислових підприємствах систем оборотного, замкнутого або безстічного водопостачання.

Підвищення якості очищення стічних вод можливо за рахунок будівництва нових і реконструкції існуючих очисних споруджень з урахуванням досягнень, науково-технічного прогресу і використанням новітніх технологій, матеріалів і устаткування для очищення стічних вод[1].

Відновлення водних розчинів травлення друкованих плат є однією з головних задач У створенні замкнутих процесів використання водних ресурсів. Проходячи активною частиною технологічного процесу травлення друкованих плат, водний розчин насичується з'єднаннями міді, спроможними забруднювати значні обсяги води, веде до посиленої експлуатації очисних споруд підприємства, збільшенню стоків на міські очисні системи. Це припускає наявність значних фінансових витрат на забезпечення всього комплексу робіт із нейтралізацією відпрацьованих продуктів травлення й утилізацію відходів.

Одним із найважливіших елементів у зменшенні економічних витрат, зменшення витрат води на технологічні потреби процесу травлення друкованих плат є створення місцевих внутрівиробничих замкнутих циклів повторного використання водних ресурсів із виділенням і утилізацією міді.

На підприємствах машинобудування доцільне створення локальних замкнутих систем водного господарства окремих потоків, що містять специфічні забруднення, характерні для даного технологічного процесу чи вузла. Це відпрацьовані миючі розчини, мастильно-охолоджуючі рідини, рідкі відходи фарбувальних камер, концентровані промивні води гальванічних цехів [1,2].