

# Тверді побутові відходи та методи їх утилізації

## План

1. Вступ
2. Огляд методів утилізації ТПВ
3. Компостування твердих побутових відходів
  - 3.1 Біоутилізація відходів компостуванням
  - 3.2 Механізм компостування відходів
  - 3.3 Біохімізм процесу компостування відходів.
  - 3.4 Параметри біотехнології компостування твердих відходів.
  - 3.5 Біосистеми компостування.
  - 3.6 Технологічні системи компостування
  - 3.7 Механізовані технологічні системи компостування.
4. Пристрій полігону і захоронення ТПВ
  - 4.1 Процеси, що відбуваються з ТПВ на полігонах
5. Висновок

## **1. Вступ**

Небезпека, що породжується господарською діяльністю людини, сьогодні вже перевищує всі розміри та результати природніх катастроф та катаклізмів. Вона з усіх боків підступила до життєвого середовища людини. На сьогодні існує реальна загроза подальшого існування людства.

Кількість твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні невпинно зростає, що дуже негативно впливає на стан довкілля та здоров'я людей. Наразі ТПВ переважно вивозять на спеціально облаштовані полігони та стихійні звалища. Незначну частину ТПВ знешкоджують на сміттєспалювальних заводах. Проте у розвинених країнах застосовують багато методів утилізування ТПВ, серед яких основними слід вважати рециклінг, компостування, анаеробне ферментування та термічне оброблення. Розглянемо наявну практику застосування цих методів, оцінюючи їх позитивні і негативні особливості.

## **2. Огляд методів утилізації ТПВ**

*Повторне використання (рециклінг).* Рециклінгу передують роздільне збирання або сортування ТПВ. Слід однак зазначити, що якість сортування значною мірою залежить від загальної культури і дисциплінованості населення. В Україні сьогодні роблять лише перші спроби впровадити роздільне збирання ТПВ. Після сортування вилучені компоненти переробляють, виготовляючи товарний продукт. Для цього необхідно створити та розвивати спеціальну індустрію, яка працює на вторинній сировині.

Наразі США, Швейцарія і Японія досягли відповідно 23,8, 23 і 20 % рециклінгу відходів. Водночас принаймні 65–70 % твердих відходів (це переважно органічний компонент) мають бути перероблені іншим способом.

*Біотермічне компостування твердих побутових відходів* у світовій практиці розвивалося як альтернатива спалюванню. Передбачали, що одним із напрямів утилізування органічного компонента ТПВ буде переробляння його в органічне добриво (компост). З відомих сьогодні методів найефективнішим і найбільш гігієнічним є метод переробляння в циліндричних барабанах, що обертаються. Труднощі здійснення цього методу полягають у досить складному процесі сортування і необхідності попереднього переробляння відходів, що потребує побудування спеціальних заводів.

*Анаеробне ферментування твердих побутових відходів.* На сьогодні більшість ТПВ великих міст вивозять на полігони, розташовані за десятки кілометрів. Зауважимо, що оскільки обладнаних відповідно до санітарних норм полігонів в Україні обмаль, значну частину ТПВ вивозять на необладнані або стихійні звалища. Звалища є серйозним джерелом забруднення довкілля токсичними речовинами, іонами важких металів, звалищними газами, а в разі загоряння сміття — діоксинами, фуранами і біфенілами, причому концентрації небезпечних речовин інколи в 1 000 і більше разів перевищують гранично допустимі. Можна прогнозувати, що в найближчій перспективі кількість сміттєзвалищ помітно не зменшиться. У такій ситуації найефективнішим залишиться метод санітарного засипання землею і отримання біогазу. З цією метою побутове сміття засипають за визначеною технологією шаром ґрунту товщиною 0,6—0,8 м і утрамбовують. Такі полігони оснащують вентиляційними трубами, газодувками та емностями для збирання біогазу.

Теоретично вихід звалищного газу, придатного для збирання та використання, становить  $100 \text{ м}^3/\text{т}$  ТПВ (або  $5 \text{ м}^3/\text{т}$  ТПВ за рік упродовж 20 років) за вмісту метану 55 % (теплотвірна здатність —  $19,8 \text{ МДж}/\text{м}^3$ ). За

розрахунками річний потенціал звалищного газу в Україні складає близько 400 млн м<sup>3</sup>. Найбільш рентабельним є його промислове використання на підприємствах, розташованих безпосередньо поблизу полігону, або вироблення електроенергії та постачання її у мережу.

Однак промислове використання біогазу можливе, як мінімум, лише через 5–10 років після створення полігону, вихід його є нестабільний, а рентабельним воно є лише за обсягів ТПВ понад 1 млн тонн. До недоліків складування відходів на полігонах слід віднести виведення з обігу великих площ сільськогосподарських угідь, труднощі щодо організування нових звалищ через формування ринку землі і відсутність вільних земельних ділянок, значні витрати на транспортування відходів та нерациональне використання органічного компонента ТПВ (оскільки за цією технологією використовують лише невелику частину енергетичного потенціалу відходів). Усе це спонукає вести пошук більш раціональних шляхів перероблення і утилізування ТПВ.

*Термічні методи перероблення.* На цей час у світовій практиці найбільшого розповсюдження набули термічні методи утилізування ТПВ — спалювання, газифікування і піроліз.

*Спалювання* є найбільш технічно відпрацьований серед усіх методів промислового перероблення ТПВ. З моменту винайдення цього методу техніку та технологію спалювання весь час удосконалювали. Тривала практика спалювання відходів дозволяє чітко визначити його переваги та недоліки. Провідні незалежні європейські інститути вважають спалювання відходів вигідним, оскільки при цьому можна отримувати електроенергію і тепло. Але слід зауважити, що це єдиний позитивний момент. Усі відомі сьогодні сміттєспалювальні установки мають низку недоліків, головним з яких є те, що під час роботи вони утворюють вторинні надзвичайно токсичні відходи (поліхлоровані дибензодіоксини, фурани і біфеніли), які потім разом з важкими металами потрапляють у навколишнє середовище з димовими газами, стічними водами і шлаком. Хлорорганічні відходи належать до групи

вкрай стійких і надзвичайно небезпечних токсикантів. Суттєвим недоліком сміттєспалювання є також його низька економічність. Коефіцієнт використання теплової енергії навіть на кращих сміттєспалювальних підприємствах США не перевищує 65 %. До того ж для спалювання відходів застосовують значну кількість додаткового рідкого палива (до 265 л на тонну відходів, що їх спалюють). Останнім часом багато компаній переходять від простого спалювання відходів на двоступінчастий процес, що включає стадію *піролізу* (розкладання органічних речовин без доступу кисню за відносно низьких температур 450–800 °С). Такий процес виявляється енергетично вигіднішим, ніж просте спалювання. У результаті піролізу отримують горючий газ і твердий залишок. Потім той та інші продукти без будь-якої додаткової обробки, відправляють у піч на спалювання. Частина піролізних газів після конденсації може бути виведена із системи і конвертована в рідке паливо. Зрозуміло, що піроліз має ті самі недоліки, що і пряме спалювання відходів. Піролізний газ необхідно очищати від кислих газів типу хлористого водню (HCl), внаслідок чого цей процес стає досить дорогим через застосування спеціального устаткування і використання каустичної або кальцинованої соди; при цьому також не можна уникнути забруднення довкілля важкими металами.

Альтернативою процесові піролізу є процес *газифікування*, що відбувається аналогічно, але за температури 800–1300 °С і за наявності невеликої кількості повітря. У цьому випадку отриманий газ являє собою суміш низькомолекулярних вуглеводнів, які потім спалюють у печі. На жаль, екологічну ситуацію такий процес також не поліпшує, тому що наявність повітря й наявність в смітті хлорорганічних сполук за високої температури призводить до інтенсивного утворення діоксинів, а солі важких металів із процесу не виводяться і потрапляють у навколишнє середовище. Найбільш повна деструкція продуктів, що містяться в ТПВ, відбувається в процесі *високотемпературного піролізу або газифікування* за температури 1 650–1 930 °С в розплаві мінеральної суміші з добавками металів або за

температури до 1 700 °C в розплаві солей чи лугів за наявності каталізаторів (MSOP-технологія). Зазначені способи забезпечують перероблення ТПВ практично будь-якого складу, тому що за такої температури повністю руйнуються всі діоксини, фурани і біфеніли. У результаті отримують *синтез-газ* — суміш водню, метану, чадного газу, діоксиду вуглецю, водяної пари, оксидів азоту і сірки та твердий залишок, що його видаляють з реактора через спеціальну витіснювальну систему. Синтез-газ після очищення від домішок можна використовувати безпосередньо як паливо, як сировину у хімічній промисловості або для синтезу рідких вуглеводнів (метанол, бензин). Цей метод утилізування ТПВ є найбільш перспективним для України, оскільки дозволяє одночасно вирішувати три важливих проблеми сьогодення, що стосуються: 1) екологічної безпеки, оскільки у перспективі дозволить відмовитися від звалищ та полігонів ТПВ у їх сьогоdnішньому вигляді; 2) енергетичної безпеки, оскільки дозволить частково покривати дефіцит рідких та газоподібних вуглеводнів в енергетиці; 3) часткового покриття дефіциту вуглеводневої сировини, що очікується невдовзі у хімічній промисловості.

Багато сучасних екологічних проблем виникає через локальне накопичення твердих органічних відходів, кількість котрих дуже велика для природного потенціалу біодеградації. Певна кількість таких відходів використовується як корм для худоби, на приготування компосту для вирощування їстівних грибів, порівняно невелика частина - для високоякісного компосту добрива для садів і городів, а з частини твердих рослинних відходів отримують паливо. Крім того, ці відходи, що вважаються низькоактивними, найчастіше намагаються знищити найдешевшим способом, який часто є компромісом між фінансовими та екологічними міркуваннями[1].

В екосистему промислових регіонів значний дисбаланс вносять міські відходи промислових підприємств та транспорту, а також комунальні та агропромислові відходи. Міські відходи можуть бути утилізовані за

допомогою хімічної чи термічної переробки та біодеструкції. Технологічні побутові відходи можуть бути перетворені на корисну енергетичну продукцію - біогаз або екологічно безпечні продукти, знешкоджені біодеградацією, в результаті чого може бути отримано також органічне природне біохімічне екологічно чисте добриво з біомаси - компост.

Компостування привернуло увагу через необхідність гігієнічно переробляти міські відходи і сирий активний мул станцій очищення, кількість яких постійно зростає, а також відходи харчової промисловості, рослинництва та гній тваринницьких ферм[1]. Утилізують тверді відходи за допомогою: складування; захоронення; спалювання; біодеструкції біодеградації, біокомпостування, біостимуляції, біоремедіації, біоаугментації, фіторемедіації, вермикультивування.

### **3. Компостівання твердих побутових відходів**

#### **3.1 Біоутилізація відходів компостуванням**

Залежно від якості твердих відходів, їх кількості та технічних можливостей вони можуть бути утилізовані з використанням біодеградації або біоконверсії (компостування).

Тверді відходи населених пунктів (побутові і промислові), сільського господарства (рослинні та тваринні) та відходи харчової промисловості утворюють целюлозовмісні субстрати, придатні для компостування. У процесі промислового біорозкладу і біодеструкції складних компонентів твердих целюлозовмісних відходів з погляду біотехнології проходить твердофазна ферментація.

#### **3.2 Механізм компостування відходів**

Біоконверсія целюлозолігнінових матеріалів – довготривалий процес,

дуже поширений в природі, де переважно відбувається повільний розпад органічних матеріалів. У природних умовах біодеградація целюлози проходить через утворення ароматичних сполук, які утворюються при повільному розкладанні танінів і лігніну, переважно завдяки позаклітинним мікробним ферментам. Оскільки лігніни і таніни становлять значну частину ґрунтового органічного матеріалу, біометаногенез цих полімерів – важливий процес у життєвому циклі біосфери. Розклад бензольного кільця ароматичних сполук, які потрапляють у тверді відходи, з виділенням метану проходить у процесі анаеробіозу, що спостерігається при біодеградації деяких біоцидів та забруднень водних стоків, за участі декількох видів мікробів, відповідальних за різні стадії деградації ароматичних кілець до ацетату, який є одним із субстратів для метанобактерій (дегідрування ацетату дає електрони, потрібні для відновлення двоокису вуглецю в метан), а саме бактерії *Methanobacterium formicicum* і *Methanospirillum hungati*. Бензольне кільце сполук-забруднювачів у твердих відходах, очевидно, спочатку відновлюється, а потім розпадається на аліфатичні кислоти під дією грам негативних мікроорганізмів. Кислоти перетворюються на субстрати, що використовуються метанобактеріями *Methanobacterium formicicum* і *Methanospirillum hungati*. Утворені електрони, імовірно, сприяють утворенню водню, який відновлює  $\text{CO}_2$  до  $\text{CH}_4$ . З 1976 року вивчають можливості використання твердих відходів природного походження біополімерів із застосуванням екологічної біотехнології шляхом біоконверсії для збагачення ґрунту (а саме твердих целюлозно-паперових відходів – ЦП, складних ефірів целюлози – СЕЦ, твердих деревних відходів ксилем – ДК, волокнистих відходів бавовникової целюлози – БЦ, побутових відходів паперу, картону та харчів) [2]. Компостування твердих відходів є процесом очищення, що робить низько активні тверді відходи менш шкідливими для навколишнього середовища, а також слугує способом отримання стабільного продукту біологічного окиснення. Гуміфіковані продукти швидко урівноважуються з екосистемою, в яку їх внесли, і не



призводить до серйозних порушень в ній, як це буває в разі внесення відходів.

### **3.3 Біохімізм процесу компостування відходів**

Біокомпостування рослинних відходів – твердофазний екзотермічний процес біологічного і біохімічного розкладу високомолекулярних і олігомерних речовин з можливим впливом целюлолітичних ферментів мікроорганізмів та одночасно синтез деяких низькомолекулярних речовин, зокрема ацетальдегіду, і оцтової кислоти, аж до утворення діоксиду вуглецю і води, тобто процес біодеградації ("чистої" анаеробної чи аеробної деградації не спостерігається). Компостування є процесом синтетичним і деструктивним одночасно. Органічні відходи промислового, сільськогосподарського або комунального походження є сумішшю фракцій цукрів, білків, жирів, геміцелюлози, целюлози, лігніну і неорганічних солей в широкому інтервалі концентрацій

- водорозчинні сполуки (цукри, амінокислоти, амонійні солі)-2-30 %;
- сполуки, розчинні в ефірі і спирті (жири, масла, воски) - 1-15%;
- білок - 5-40 %; геміцелюлоза - 10-30 %; целюлоза - 15-60 %; лігнін - 5-30 %;

Склад фракцій рослинних відходів залежить від віку рослини, його типу і середовища. Свіжа зелена сировина містить багато водорозчинних речовин, білків і солей, при дозріванні компосту солі повертаються в ґрунт, і низькомолекулярні сполуки перетворюються на високомолекулярніші, особливо на геміцелюлозу, целюлозу і лігнін. Склад відходів тваринництва залежить від типу тварини і від корму. Фактично всі мікроорганізми, наявні в компості, можуть засвоювати утворені при цьому фрагменти полімерів, але тільки невелика група вищих грибів може здійснювати гідроліз найстійкішого до дії ферментів лігніну і розкласти його. Окрім того, як вважають дослідник де Бертольдзі зі співробітниками, біодеградація лігніну збільшується в статичній системі, оскільки в ній

міцелій не ушкоджується, на відміну від системи з перемішуванням. [3]

*Біотермічне компостування твердих побутових відходів у світовій практиці розвивалося як альтернатива спалюванню. Передбачали, що одним із напрямів утилізування органічного компонента ТПВ буде переробляння його в органічне добриво (компост). З відомих сьогодні методів найефективнішим і найбільш гігієнічним є метод переробляння в циліндричних барабанах, що обертаються. Труднощі здійснення цього методу полягають у досить складному процесі сортування і необхідності попереднього переробляння відходів, що потребує побудування спеціальних заводів. У країнах СНД з 1971 до 1994 року було збудовано 9 заводів, на яких реалізовано практично одну й ту саму технологію прямого компостування ТПВ. Усі заводи мали обладнання для здійснення трьох основних технологічних операцій: часткового попереднього підготовляння відходів; біотермічного анаеробного компостування; очищення від домішок та складування компосту. На деяких заводах запроваджують технологію термічного обробляння фракцій, що не підлягають компостуванню. Однак компост, отриманий на усіх зазначених заводах, має поганий товарний вигляд, низьку якість, його складно продати. [4]*

*Двостадійна технологія біодеградації* При закладанні твердої біомаси на біологічний розклад передбачається двостадійний механізм біодеградації компонентів відходів залежно від оксигенації:

- на першій стадії - переважно анаеробна деградація;
- на другій стадії – переважно аеробна деградація.

Перші стадії компостування проходять дуже швидко, за дні або тижні, залежно від типу системи компостування. Біохімічні зміни відбуваються в ході процесу компостування пшеничної соломи в присутності нітриту амонію за рахунок безперервної утилізації полімерів геміцелюлози і целюлози на 50 % за 60 днів (особливо швидке зменшення сухих речовин

спостерігається у перші 5 днів, в середньому по 2,7 % за добу, тоді як за наступні 30 днів - в середньому 1,3 % за добу), проте біодеградація целюлози сповільнюється у разі зменшення популяції грибів після того, як температура підвищується понад 55 °С. Знизити температуру можна за допомогою примусової вентиляції протягом процесу компостування. Зміна температури під час компостування — важливий чинник розвитку мікрофлори та проходження біодеградації рослинних відходів. Оптимальною рекомендованою температурою є 55 °С. Процес компостування за температурним режимом розділяють на чотири стадії:

- мезофільна ( $t= 20 - 40$  °С;  $pH= 5 - 6$ ; 1-2 дні);
- термофільна ( $t= 40 - 60$  °С;  $pH= 8 - 9$ ; 2-3 дні);
- охолодження ( $t= 40 - 20$  °С;  $pH= 9 - 8$ ; 1-3 тижні);
- дозрівання ( $t= 20$  °С;  $pH= 8$ ; 2-4 місяці).

#### *Характеристика стадій компостування*

I стадія - мезофільна - на початку процесу відходи зберігаються при температурі середовища, pH в них слабкокисло (мікроорганізми, наявні у відходах, починають швидко розмножуватися, температура піднімається до 40 °С, і середовище підкисляється за рахунок утворення органічних кислот).

II стадія - термофільна - якщо температура перевищує 40 °С, починають гинути вихідні мезофіли і переважати термофіли, що піднімає температуру до 60 °С, гриби починають ставати неактивними. Після 60 °С біохімічну реакцію продовжують спороутворюючі бактерії та актиноміцети, pH середовища стає лужним за рахунок виділення аміаку під час розпаду білків, що супроводжується швидким розкладом субстратів (цукри, крохмаль, жири, білки) на живлення та подальшим зниженням швидкості реакції після того, як залучаються стійкіші субстрати (швидкість тепловиділення дорівнює швидкості тепловтрати, що відповідає досягненню температурного максимуму), і перемішувана купа компосту досягає

стабільного стану (в деяких випадках під час компостування старих відходів спостерігається декілька температурних максимумів).

III стадія - охолодження - компост після температурного максимуму охолоджується, легкозасвоювані сполуки вже розпалися, основна потреба в кисні задоволена, компостований матеріал перестає приваблювати мух та паразитів і втрачає поганий запах, оскільки легкодоступні азот і сірка зв'язані новими мікроорганізмами, рН поволі знижується, але залишається лужним. Термофільні гриби з холодніших зон знову захоплюють весь об'єм і разом з актиноміцетами споживають полісахариди, геміцелюлозу і целюлозу, руйнуючи їх до моносахаридів, які потім можуть утилізуватися мікроорганізмами (швидкість тепловиділення стає дуже низькою, температура падає до температури навколишнього середовища, теплота відводиться за допомогою системи випарного охолодження за типом зворотного зв'язку з термодавачами, розміщеними в масі компосту і пов'язаними з повітродувками, що сприяє видаленню вологи у разі підвищення її вмісту).

IV стадія - дозрівання - завершення втрати маси і тепловиділення, що триває декілька місяців, супроводжуючись складними реакціями між залишками лігніну з відходів і білками відмерлих мікроорганізмів з утворенням гумінових кислот, але без розігрівання. Не відбуваються анаеробні процеси при зберіганні, не вилучається азот з ґрунту, доводячи кінцеве рН компосту до слабколужного. Високу температуру часто вважають необхідною умовою успішного компостування, про те за дуже високої температури процес біодеградації пригнічується через інгібування росту мікроорганізмів, серед яких дуже небагато видів зберігають активність при температурі понад 70 °C. Порогом пригнічення біодеградації стає температура близько 60 °C (високих температур протягом тривалого періоду не можна допускати при швидкому компостуванні), яка є корисною для знищення термочутливих патогенних мікроорганізмів.

На рисунку 1 показана схема зміни температури та рН компостування в купі



Рис. 1. Зміна температури та рН компостування в купі

Розкладання органічних відходів у ході компостування є динамічним і складним екологічним процесом, в якому постійно змінюється температура і склад живильних речовин, і помітно змінюється чисельність і видовий склад мікроорганізмів. Швидкість отримання кінцевого продукту залежить від декількох взаємозв'язаних параметрів (джерела вуглецю та азоту живлення, дисперсність частинок, вологість, міцність структури, аерація, перемішування, рН і розмір купи). Головною умовою успіху переробки ТБВ (харчові відходи, целюлозне волокно у вигляді паперу та картону) та ТПВ (деревні відходи, целюлозно-паперові та картонні відходи) є чітке дотримання параметрів біотехнології [5].

### **3.4 Параметри біотехнології компостування твердих відходів**

Технологія компостування здійснюється за два етапи (за російськими патентами):

1. на першій стадії для набухання целюлозовмісних та лігніновмісних субстратів й активізації ферментів застосовують зрошування водою протягом трьох тижнів;
2. на другій стадії для розкладу до кінцевого стабільного продукту біомаси здійснюють аерацію з виділенням вуглекислого газу та зменшенням початкової маси за температури, близької до температури довкілля.

Дотримання параметрів компостування за оптимальних умов експлуатації та врахування економічності процесу, що залежить від природи вихідного органічного компонента, на недорогих, але надійних системах й устаткуванні (не простих куп, а складних механічних установок) дає можливість отримувати якісний кінцевий продукт.

### **3.5 Біосистеми компостування**

Компостування є динамічним мікробним процесом, який відбувається завдяки активності співтовариства мікроорганізмів різних груп:

- 1) Бактерії — безліч форм - коки, палички, нитчасті, деякі форми спороутворюючих (розміри 1-8 мкм);
- 2) Актиноміцети — утворюють тонкий розгалужений міцелій, ростуть переважно за підвищеної температури, пониженої вологості (діаметр гіф 0,5— 2 мкм);

3)гриби, дріжджі - багатьох видів, найчастіше термофіли, утворюють міцелій (дріжджі - псевдоміцелій) і спорюють (розміри 3- 50 мкм);  
4)водорості - віддають перевагу вологим умовам (розміри 10-100 мкм)

5)віруси - живуть на організмах-господарях: бактеріях або актиноміцетах (розмір "0,1 мкм);

У виділених з куп компосту грибах є значні кількості лігнінолітичних грибів, які в умовах статичного процесу, очевидно, сприяють деструкції лігніну, тоді як перемішування, яке може здійснюватися для інших цілей, запобігає розростанню міцелію в об'ємі компосту і можливого розкладу лігнінів.

Віруси викликають хвороби рослин, тварин і людини, проте коли заражений матеріал піддається компостуванню, кількість патогенних вірусів у ньому різко знижується переважно завдяки температурі та часу дії.

Більшість ґрунтових найпростіших та одноклітинних організмів споживає бактерії, водорості та інші найпростіші, проте саме найпростіші визначають чисельність бактеріальної популяції та ґрунтових тварин, споживаючи їх екскременти та органічні залишки. Зазвичай для них необхідна хороша аерація, відповідна вологість, температура у межах 7-13 °С. До того ж тканини організмів, що належать макрофауні, багаті азотом і легко руйнуються за порівняно короткий термін, стаючи запасом сполук азоту.

### **3.6 Технологічні системи компостування**

У простих системах компостування підготовлений матеріал складають у вигляді довгих куп, які називають компостними рядами, або вручну, або за допомогою самоскидів чи навантажувачів. Ці купи мають приблизно трикутну форму в перетині, їх висота і ширина може бути різною, але рекомендується, щоб за природної аерації висота не перевищувала 1,5 м, а ширина - 2,5 м. Компостні ряди можуть бути будь-якої довжини і часто їх розташовують стосовно рельєфу місцевості. Бажано, щоб майданчик, на

якому розташовують компостні ряди, був забетонований, щоб вони не руйнувалися під час руху транспортних засобів, проте таке бетонування може виявитися дуже дорогим. Компостні ряди можуть протягом декількох місяців не вимагати ніякого втручання, доки в них не почне падати температура, або ж, щоб матеріал час від часу перевернути для аерації, зменшення розміру частинок і для термофілізації процесу переміщенням зовнішніх частин купи в її середину (для малих куп - уручну, але частіше із застосуванням землечерпалок, а у великих системах — спеціально спроектовані рухомі пристосування, які перевертають, аерують і, якщо потрібно, зволожують). У країнах Європи і в США для приготування компостних сумішей на фермах використовують навантажувачі, оснащені вилами, інколи - плоскодонні розкидачі для гною. Органічні відходи, зазвичай з тваринницьких ферм, завантажують в розкидачі для гною, в якому вони дробляться, аеруються, а потім звальюються у вигляді купи заввишки близько 1,25 м, щоб утворювалася довга купа. Потім в купі за допомогою спеціальної жердини діаметром 70 мм на відстані 1 м одна від одної роблять вертикальні дірки до землі. Якщо можливо, в гній додають деяку кількість сирого овочевого бадилля. У таких купах може бути протягом тижня досягнута температура 70 °С, яка через місяць, коли їх перевертають за допомогою навантажувача, знижується до 30 °С. Через 2—3 місяці компост готовий до вживання. Фермери в європейських країнах використовують також технологію "рухомих" компостних рядів. За допомогою розкидача зі стрічковим транспортером утворюється ряд невеликої висоти. Через 3—4 дні, після досягнення максимальної швидкості споживання кисню, додають нову порцію матеріалу, поки не буде досягнута висота близько 2 м. При цьому купа не потребує періодичного перевертання[6]. В умовах тропіків найдоцільніше використовувати вдосконалений процес "Indore", який з великим успіхом застосовувався в Індійському сільсько-господарському центрі. За цією технологією органічні відходи компостують в ямах площею приблизно 9x4 м, завглибшки 1,2 м. Відходи



овочівництва розміщують шаром завтовшки 150 мм, на них накладають гній шаром завтовшки 50 мм, і все це присипають мокрою землею і деревною золою. Загальна висота шарів - 1,5 м, в них роблять вертикальні отвори для аерації. Купу перевертають вручну двічі або тричі і у разі потреби додають воду.

### **3.7 Механізовані технологічні системи компостування**

Сучасні великомасштабні системи з переробки відходів, як правило, включають декілька стадій переробки:

- стадія накопичення твердих відходів;
- стадія передобробки;
- стадія біодеградації;
- стадія переробки кінцевого продукту.

Зібрані тверді відходи вивантажують з вантажівок в глибоку бункери або на спеціально підготовані майданчики, звідки їх переміщують за допомогою спеціальних транспортерів, ковшів або навантажувачів. Потім матеріал обробляють, тобто подрібнюють, відділяють небажані або придатні для переробки домішки і регулюють вологість. Подрібнення здійснюють в злегка нахиленому барабані (як правило, діаметром 3 м і завдовжки 10 м, що обертається з частотою 3-10 об/хв), або використовують молоткасті, а інколи і кульові млини. Продуктивність такої установки становить 10 т/год. Енергетичні витрати на подрібнення залежать насамперед від необхідного кінцевого розміру частинок субстрату: при подрібненні до 50 мм енергетичні затрати становлять близько 8 кВт/т, а при подрібненні до 12,5 мм — близько 20 кВт/т. Після подрібнення видаляють відходи заліза, пластмас і ганчірки. Перед компостуванням, якщо в цьому є необхідність, додаванням води або сирого активного мулу регулюють вологість субстрату. Стадія біодеградації здійснюється за допомогою компостних рядів або складніших механізованих систем. Повністю механізовані системи, на

відміну від компостних рядів, мають пристрої, що безперервно перемішують, і є закритими сил осами, в яких за декілька днів здійснюється активна біодеградація.

Механічні установки для компостування є барабаном завдовжки 40 м і діаметром 4 м, що зазвичай обертається, встановленим під невеликим нахилом до горизонталі. Тверді відходи, часто без подрібнення, завантажують в нього з високого кінця. Відходи руйнуються внаслідок стирання при безперервному обертанні барабана з частотою 1-2 об/хв. По боках або на кінці барабана можуть бути встановлені сита різних розмірів для розділення матеріалу. Деякі проекти установок такого типу передбачають труби для примусової аерації. Час перебування в барабані становить, як правило, 2—3 дні, після чого матеріал зазвичай поміщають в компостні ряди на декілька тижнів.

#### **4. Пристрій полігону та захоронення ТПВ**

На полігонах зберігання ТПВ розміщуються відходи з житлових будинків, громадських будівель та установ, підприємств торгівлі, громадського харчування, вуличний, садово-парковий кошторисів, будівельне сміття і деякі види твердих промислових відходів III - IV класу небезпеки.

Зазвичай полігон споруджують там, де підставою можуть служити глини і важкі суглинки. Якщо це неможливо, влаштовується водонепроникне підставу, що призводить до значних додаткових витрат. Площа земельної ділянки вибирається з умовою його терміну експлуатації (15-20 років) і в залежності від обсягу захоронювати відходів може досягати 40-200 га. Висота складування відходів становить 12-60 м.

Полігони бувають малонавантажени (2-6 т / м<sup>2</sup>) і високонавантажени (10-20 т / м<sup>2</sup>). Річний обсяг прийнятих відходів може складати від 10 тис. До 3 млн м<sup>3</sup>. Технологічний процес захоронення відходів проводиться, як правило,

картовому методом, що дозволяє поетапно вводити в дію природоохоронні заходи, не чекаючи завершення експлуатації полігону в цілому. Технологія складування ТПВ на полігонах передбачає установку водотривких екранів для захисту ґрунтових вод і щодобовий зовнішню ізоляцію для захисту атмосфери, ґрунту, а також прилеглих територій. Всі роботи зі складування, ущільненню та ізоляції ТПВ на полігонах виконуються механізованим.

Після рекультивоване використання територій полігонів ТПВ можливо з різних напрямків - лісогосподарським, рекреаційним (лижні гірки, стадіони, спортивні майданчики), цивільного будівництва, створення комерційних або промислових. Характер такого використання і витрати на рекультивацію повинні враховуватися ще на стадії проектування полігону.

Організація і будівництво полігону здійснюються відповідно до законодавства у сфері охорони навколишнього середовища та поводження з відходами, санітарно-епідеміологічного та містобудівного законодавств, а також при наявності позитивного висновку державної містобудівної експертизи на проект цього будівництва.

Сучасний полігон ТПВ - це комплекс природоохоронних споруд, призначений для централізованого збору, знешкодження та захоронення ТПВ, запобігання потрапляння шкідливих речовин в навколишнє середовище, забруднення атмосфери, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод, розповсюдження гризунів, комах і хвороботворних організмів.

У складі полігону слід передбачати:

- ділянку поховання відходів;
- ділянку для розміщення цеху з сортування і переробки відходів;
- ділянку компостування;
- адміністративно-господарську зону;
- інженерні споруди і комунікації для життєзабезпечення полігону та екологічної безпеки;
- експрес-лабораторію;
- ділянку радіаційного контролю за відходами.

Полігон для захоронення відходів по периметру повинен мати огорожу висотою не менше 180 см. На полігоні по його периметру, починаючи від огорожі, повинні послідовно розміщуватися:

- кільцевої канал;
- кільцева автодорога з високоякісним твердим покриттям;
- лівнеотводние лотки вздовж дороги або кювети.

Щільність забудови адміністративно-господарської зони полігону повинна бути не менше 30%. В адміністративно-господарській зоні розміщуються:

- адміністративно-побутові приміщення, лабораторія;
- тепла стоянка для спецмашин і механізмів (навіс);
- майстерня для поточного ремонту спецмашин і механізмів;
- склад паливних матеріалів;
- автомобільні ваги (на полігонах понад 100 тис. Т / рік);
- контрольно-пропускний пункт;
- котельня (при необхідності);
- контрольно-дезинфіцирующая ванна;
- трансформаторна підстанція (дизельна електростанція);
- артезіанська свердловина (резервуар для питної води);
- очисні споруди (при необхідності);
- ділянку радіаційного контролю за відходами, включаючи: рамку радіаційного автоматизованого контролю; місце поглибленого радіаційного обстеження; площадку для відстою техніки з фоном, що перевищує вимоги НРБ (норм радіаційної безпеки); місце для розміщення контейнерів (СП 2.6.1.758-99).

Основна споруда полігону - ділянка складування ТПВ. Він займає основну площу полігону, в залежності від об'єму ТПВ. Ділянка складування розбивається на черги експлуатації з урахуванням забезпечення приймання відходів протягом 3 - 5 років, у складі першої черги виділяється пусковий комплекс на перші 1 - 2 роки. Експлуатація наступної черги полягає в

збільшенні насипу ТПВ до проектової позначки[8]. Поділ ділянки складування на черги виконується з урахуванням рельєфу місцевості.

Ділянки складування повинні бути захищені від стоків поверхневих вод вищерозташованих земельних масивів.

Для перехоплення дощових та паводкових вод по межі ділянки проектується водовідвідна канава. По периметру полігону на смузї шириною 5 - 8 м передбачається посадка дерев, прокладаються інженерні комунікації (водопровід, каналізація), встановлюються щогли електроосвітлення; при відсутності інженерних споруд на цій смузї відсипаються кавальєри (склади) ґрунту для використання його на ізоляцію ТПВ, в будь-якому випадку не більше 5% усієї площі полігону данна схема наведена на рисунку 2.

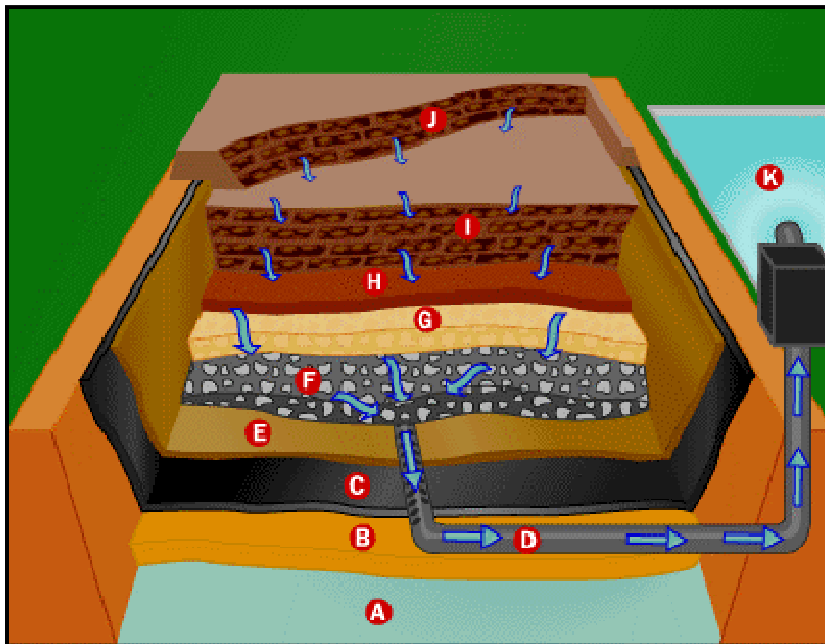


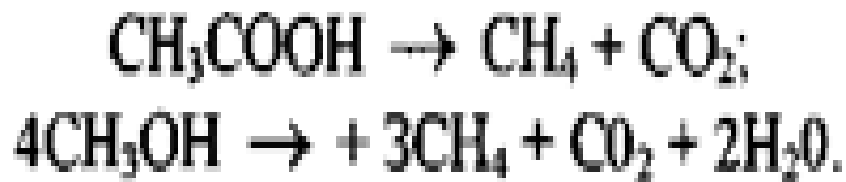
Рис.2 Схема захоронення ТПВ на полігоні

Умовні позначення: А- ґрунтова вода, В- щільний шар глини, С- прошарок із пластику, D- система водостічних труб, Е- геотекстильний шар, F - гравій, G - дренажний шар, Н- ґрунтовий шар, I, J - шари ґрунту, де зберігається сміття К- водостічна канава (ставок).

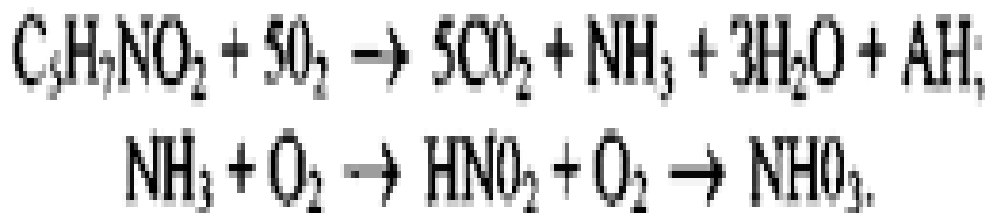
#### 4.1 Процеси, що відбуваються з ТПВ на полігонах

В процесі експлуатації полігона ТПВ, а також протягом тривалого часу після його рекультивації відбувається виділення звалищних газів в атмосферне повітря, утворюються фільтраційні води (фільтрат), а також змінюються геопоказателі ґрунтів під тілом полігону, що призводить до збільшення фільтраційної здатності ґрунтів і, як наслідок, до забруднення ґрунтових вод.

Реакції, що протікають в тілі поховання ТПВ в аеробних умовах, схематично можна представити так:



При подальшому окисленні починається перетворення клітинного речовини:

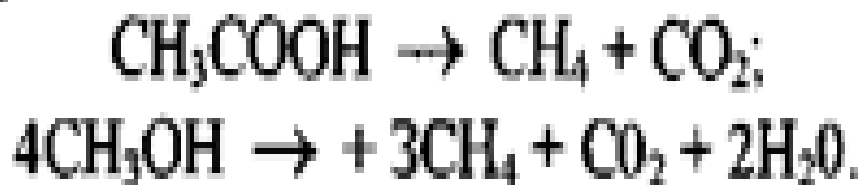


На типовою звалищі процес аеробного окислення найчастіше закінчується утворенням і накопиченням високих концентрацій жирних кислот, що і лімітує процес аеробного розкладання.

Анаеробна біодеградація вимагає присутності мікроорганізмів різних видів, що входять до складу змішаної популяції. Група гідролітичних або

ацидогенним бактерій забезпечує початковий гідроліз субстрату до низькомолекулярних органічних кислот та інших сполук, у тому числі метану.

Також відомо, що метаногенні бактерії синтезують метан в результаті відновлення металними групи оцтової кислоти і метилового спирту:



Більшість функціонуючих і закритих полігонів в Росії недостатньо обладнані інженерними спорудами, що дозволяють забезпечити максимальне зниження забруднення навколишнього середовища. Прийнята система унітарного збору ТПВ (без поділу на органічні, неорганічні, небезпечні тощо компоненти) також посилює недоліки технології зберігання відходів на полігонах.

Першочерговим етапом розробки природоохоронних заходів на полігонах ТПВ повинна стати оцінка даних за такими характеристиками:

- місце розташування полігону ТПВ або звалища;
- тип полігону (звалища);
- період експлуатації;
- види, характеристики та кількість розміщених відходів;
- метод складування;
- товщина шарів складування;
- наявність екранів, дренажних і газозбірних систем;
- хіміко-біологічні характеристики звалищного маси;
- гідрогеологічні умови прилеглих територій.

В реальних умовах отримання більшості з перерахованих вище даних утруднено через повної або часткової відсутності інформації. Інформація по

несанкціонованому звалищі на сьогоднішній день може включати тільки дані про їх розмірі та місцезнаходження.

Поведінка відходів на звалищі носить складний характер, оскільки відбувається періодичне нашарування нового матеріалу через нерівні проміжки часу. Процес інертизації звалищного ґрунту піддається дії градієнтів температури, концентрації газу, рідини, рН, ферментної активності та потоків рідини. До більш складних факторів належать фізико-хімічні властивості відходів, такі, як водорастворимість, летючість, розмір молекул, а також біологічні: здатність сорбувати мікроорганізми, межвидовое взаємодія мікроорганізмів і пр.

Розрізняють три основних етапи існування полігону:

В експлуатаційному періоді робота полігону фінансується за рахунок платежів постачальників відходів. Після повної адаптації полігону до умов навколишнього середовища він представлятиме собою техногенну територію, що переходила у володіння місцевої адміністрації. Проблему представляє період біореактора. Немає чіткого механізму регулювання фінансової підтримки роботи полігону в цей період для захисту навколишнього середовища від забруднення. Необхідна розробка не тільки захисних заходів по зниженню можливих забруднюючих виділень, а й організація управління (прискорення або гальмування) процесів природної біодеградації матерії звалищного тіла, в цілях скорочення часу його природної адаптації і витрат по експлуатації. Загальна тривалість періодів біореактора і адаптації може досягати сотні років. Зміниться не одне покоління людей, поки полігон ТПВ або звалище не адаптуються до природного ландшафту[8].

Можна виділити два підходи до управління процесами анаеробної інертизації звалищного ґрунту для досягнення природоохоронного ефекту на довгостроковий період - через прискорення (інтенсифікацію) або уповільнення (придушення) процесів біодеградації. Перший підхід характеризується інтенсивними емісіями, але адаптація полігону до



природного середовища в цьому випадку проходить за короткий термін. При другому підході життєвий цикл полігону істотно подовжується, але забруднення природного середовища токсичними емісіями зводиться до мінімуму.

Методи інертизації звалищного ґрунту:

- передпідготовки ТПВ перед розміщенням на полігоні, наприклад механіко-біологічна передпідготовки, змішане поховання (проекування композитних сумішей), введення комплексу ферментативних препаратів перед захороненням, спалювання;

- вплив на звалищний ґрунт, наприклад зволоження звалищного ґрунту, рециркуляції фільтрату поверхневих стічних вод, стоків попереработке відходів і пр., Аерація звалищного ґрунту примусова і шляхом природного припливу повітря (полуаеробний полігон), введення добавок в звалищний ґрунт - ферментів каталізаторів, мікроорганізмів, подача додаткових поживних речовин.

Практичні дослідження використання перерахованих методів у багатьох випадках призводять до позитивного ефекту, але деякі проблеми ще можуть зажадати свого рішення. Наприклад, залишкова емісія біогазу може залишатися високою, може статися засмічення (замулювання) дренажу аеробного полігону, може виявитися утрудненою гідроциркуляція (труднощі в досягненні високих швидкостей потоків рідин крізь масу відходів), існує можливість утворення ущільненого шару ґрунту і пр.

Вибору тієї чи іншої технології повинно передувати всебічне дослідження звалищних ґрунтів. Внаслідок трудомісткості і високої вартості натурних вишукувань зростає значимість досліджень, проведених в лабораторному масштабі.

## 5. Висновок

В даний час у світовій практиці найбільш досконалим методом складування ТПВ, що дозволяє скоротити негативний вплив на навколишнє середовище, є облаштування «керованих» полігонів. При виборі ділянки для складування відходів враховуються особливості району розміщення полігону ТПВ: клімат, рельєф, геологія, гідрологічні процеси, водний баланс та ін. Підготовка полігону включає в себе ущільнення і гідроізоляцію ложа, пристрій дренажної системи для відводу фільтраційних вод, прокладку труб для збору біогазу .

Практичні дослідження використання перерахованих методів у багатьох випадках призводять до позитивного ефекту, але деякі проблеми ще можуть зажадати свого рішення. Наприклад, залишкова емісія біогазу може залишатися високою, може статися засмічення (замулювання) дренажу аеробного полігону, може виявитися утрудненою гідроциркуляція (труднощі в досягненні високих швидкостей потоків рідин крізь масу відходів), існує можливість утворення ущільненого шару ґрунту і інш.

В результаті досліджень дається висновок про стан звалища або полігону ТПВ з точки зору забруднення навколишнього середовища, про необхідність проведення контролю для запобігання небезпечних ситуацій: вибуху біогазу, забруднення ґрунтових і поверхневих вод токсичними компонентами фільтрату, погіршення санітарно-гігієнічної обстановки.

## Список використаної літератури

1. А.И..Ажгиревич Экология (Серия «Учебный курс»)/А.И..Ажгиревич, В.А. Грачев, В.А.Гутенев и др.; Под ред. проф. В.В. Денисова.-М.; ИКЦ»»МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ» , 2006.-768с.
2. В.И. Титова Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве/ В.И. Титова, М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова/ Нижегородская гос. с.-х. академия. –Н.Новгород, Изд-во ВВАГС, 2009- 178 с.
3. В.А. Хомич Экология городской среды: Учебное пособие / В.А. Хомич; М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 240с.
4. Хоменко В.М. Аналіз стану накопичення відходів в Черкаській області // Збірник статей доповідей та виступів ІХ міжнародної конференції - 2004 р. м. Черкаси 102-105 с.
5. В.Г. Систер Твердые бытовые отходы. Справочник/ В.Г. Систер, АН. Мирный, Л.Ф. Скворцов и др. - М.: АКХ им. К.Д. Панфилова, 2001. - 319 с.
6. В.М. Радовенчик Тверді відходи: збір, переробка, складування» Навчальний посібник, Київ «КОНДОР» 2010 - 551с
7. [www.moz.gov.ua](http://www.moz.gov.ua)
8. [www.plymer-tech.ru](http://www.plymer-tech.ru)