**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна**

# ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів 1 та 2 курсу всіх форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків**
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**
**2019**

**Сталінська І. В.** Поводження з побутовими відходами: конспект лекцій для студентів 1 та 2 курсу всіх форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 84 с.

Автори:
канд. техн. наук І. В. Сталінська
ст. викладач О. В. Хандогіна

Рецензент

**М. В. Катков**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1 від 30.08.2019.*

© І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна, 2019
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

**ЗМІСТ**

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ ..... 4
ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ ВІДХОДІВ, КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ ..... 5
ТЕМА 2 СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ. ..... 8
ТЕМА 3 ПРОБЛЕМА ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ТА ЇЇ ІСТОРІЯ ..... 18
ТЕМА 4 СВІТОВИЙ ДОСВІД ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ..... 23
ТЕМА 5 ОПЕРАЦІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ..... 27
ТЕМА 6 ЗБИРАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ..... 28
ТЕМА 7 ПРАВИЛА НАДАННЯ ПОСЛУГ ІЗ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ..... 34
ТЕМА 8 ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ..... 35
ТЕМА 9 ОБРОБЛЕННЯ ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВІДХОДІВ ..... 37
ТЕМА 10 ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ..... 48
ТЕМА 11 ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ ..... 66
ТЕМА 12 УТРИМАННЯ ТЕРИТОРІЙ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ..... 74
ТЕМА 13 СУЧАСНИЙ СТАН СФЕРИ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ..... 76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 78
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ..... 79

# УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

ЄС – Європейський Союз

ПВ – побутові відходи

ПВХ – полівінілхлорид

ПВЩ – поліетилен високої щільності

ПЕТ – поліетилентерефталат

ПНЩ – поліетилен низької щільності

ССЗ – сміттєспалювальний завод

СПЗ – сміттєпереробний завод

СПС – сміттєперевантажувальна станція

ТПВ – тверді побутові відходи

## ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ ВІДХОДІВ, КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДХОДІВ

*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.

*Побутові відходи* (ПВ) – відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках (крім відходів, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємств) і не використовуються за місцем їх накопичення.

До побутових відходів відносять тверді відходи (у т.ч. великогабаритні), ремонтні, рідкі, небезпечні відходи у складі побутових.

*Тверді відходи* – залишки речовин, матеріалів, предметів, виробів, товарів, продукції, що не можуть у подальшому використовуватися за призначенням.

*Великогабаритні відходи* – тверді відходи, розміри яких перевищують 50 см × 50 см × 50 см, що не дає змоги розмістити їх у контейнерах об'ємом до 1,1 куб. метра.

*Ремонтні відходи* – залишки речовин, матеріалів, предметів, виробів, що утворилися під час проведення у житловому будинку, окремій квартирі, будинку громадського призначення капітального та поточного ремонту, перепланування, переобладнання, прибудови тощо.

*Рідкі відходи* – побутові відходи, що утворюються у будинку за відсутності централізованого водопостачання та каналізації і зберігаються у вигрібних ямах.

*Небезпечні відходи у складі побутових відходів* – відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках і мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні

властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища або здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними. До небезпечних відходів у складі побутових відносять батарейки, сухі та електролітичні акумулятори, тару від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо.

Класифікаційний каталог відходів являє собою перелік видів відходів, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак. Необхідність здійснення класифікації передбачається Законом України "Про відходи", який встановлює вимоги до класифікації відходів та їх паспортизації (ст. 6). У нормативно-правових актах розрізняють такі види відходів:

– за сферою їх утворення: відходи виробництва, споживання та побутові відходи;

– за агрегатним станом: тверді, рідкі, газоподібні;

– залежно від фізичного стану, в якому вони перебувають: газоподібні, рідкі, тверді, сумішеві;

– за ступенем (рівнем) небезпеки і характером впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини: безпечні і небезпечні відходи (токсичні, біологічні, вибухонебезпечні, вогненебезпечні, радіоактивні тощо);

– за їх приналежністю: відходи, що перебувають у власності відповідних суб'єктів, та безхазяйні відходи;

– за суспільною корисністю;

– залежно від засобу подальшого поводження тощо.

У низці випадків використовується класифікація відходів за можливістю їхньої утилізації. Наприклад, у Японії ТПВ при організації їхнього селективного збору в місцях їхнього утворення класифікують на горючі, негорючі та цінні. Оскільки виробнича діяльність людини пов'язана із задоволенням її потреб, всі відходи, що утворюються, можна принципово розділити на дві великі групи: відходи виробництва та відходи споживання.

*Відходи виробництва* – продукти, які не виробляються цілеспрямовано, а утворюються як побічні при створенні кінцевого продукту. Для кожного виробництва характерний свій вид відходів.

До *відходів споживання* варто віднести відходи, в яких закінчився термін придатності у побуті, а також непотрібні людині продукти або їхні залишки, що утворилися в системі міського господарства. Найпоширеніші відходи споживання:

– тверді побутові відходи (ТПВ), великогабаритні відходи (холодильники, пральні машини, плити, дивани);

– автопокришки;

– ртутні лампи;

– авто та електронний лом.

Наступна класифікація відповідно до місця утворення:

– побутові;

– промислові;

– сільськогосподарські,

– медичні.

Відповідно до небезпеки впливу на людину й навколишнє середовище ТПВ поділяються на 4 класи:

– надзвичайно небезпечні (перший клас небезпеки);

– високонебезпечні (другий клас небезпеки);

– помірно небезпечні (третій клас небезпеки);

– малонебезпечні (четвертий клас небезпеки).

Для практичного вирішення питання переробки ТПВ зручно класифікувати їх на 4 групи:

1 – органічні;

2 – неорганічні;

3 – змішані (найбільш складні для переробки);

4 – радіоактивні.

За морфологічним та хімічним складом всі відходи поділяються на наступні види:

– відходи, які здатні біологічно розкладатися, до яких відносяться харчові, садово–паркові відходи, папір, деревина, деякі види текстилю, що становлять у середньому 60 – 80 % від маси ТПВ.

– відходи, які піддаються хімічній деструкції, чорні й кольорові метали, пластмаси.

– *баластові відходи* – це каміння, скло, будівельні матеріали.

Із фракції відходів, які здатні біологічно розкладатися, залежно від швидкості та повноти розкладання, виділяються три основні групи:

– такі, що швидко розкладаються: харчові відходи, трава, листя;

– середньої швидкості розкладання – принтерний і лощений папір, офісний і журнальний папір, паперовий посуд, садово–паркові відходи;

– такі, що повільно розкладаються: гофрований картон, газети, деревина.

## ТЕМА 2 СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.

Джерела утворення побутових відходів:

- житлові будинки (багатоквартирні та одноквартирні);
- підприємства, установи та організації

*Морфологічний склад ТПВ* – вміст у складі побутових відходів окремих компонентів (харчові відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо), папір та картон, полімери, скло, чорні метали, кольорові метали, текстиль, дерево, небезпечні відходи (батарейки, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо), кістки, шкіра, гума, залишок ТПВ після вилучення компонентів), які визначають в процентах до їх загальної маси.

На співвідношення компонентів твердих побутових відходів у населених пунктах впливають: джерело утворення, рівень благоустрою (для житлової забудови), сезон року, кліматичні умови. Саме тому,

морфологічний склад ТПВ досить різноманітний та мінливий як в часі так і територіально.

Морфологічний склад ТПВ визначається з метою впровадження у населених пунктах сучасних ефективних технологій поводження з ТПВ, довгострокового прогнозування обсягів утворення вторинної сировини, що є у складі ТПВ.

Порівняння осередненого складу відходів для країн з різним рівнем розвитку показує, що при переході від бідних до багатих країн досить суттєво змінюється вміст практично всіх складових ТПВ. З 2,3 % до 32 % зростає вміст паперу та картону, в той час, як вміст органічних відходів знижується із 61 % до 26 %. У розвинутих країнах переважна більшість продуктів харчування продається в готовому для споживання вигляді, тобто напівфабрикатів, тому більша частина відходів від переробки таких продуктів залишається на переробних підприємствах, поповнюючи категорію промислових відходів. Більшість продукції постачається вже у фасованому вигляді, як наслідок, відбувається збільшення вмісту у ТПВ паперу, пластику та картону.

Характерно змінюється вміст скла та пластику. Для бідних країн вміст скла та пластику у сумі складає близько 5 %, причому, скла в 2 рази більше ніж пластику. Для перехідних країн сумарний вміст скла та пластику зростає до 13 %, з яких лише близько 2 % – скло, що зумовлено зручністю використання саме одноразової пластикової тари. У розвинутих країнах, де проблемам екології та ресурсозбереження приділяють більше уваги, використання скляної тари багаторазового використання зростає, що зумовлює збільшення скла у відходах до 10 % при зниженні вмісту пластику до 8 %. Нерівномірно змінюється і вміст у відходах текстилю, гуми та шкіри. Якщо прийняти бідні країни за базу, то у ТПВ міститься до 7 % текстилю, шкіри, гуми. У країнах перехідного типу вміст текстилю, гуми та шкіри зростає до 14 % Разом з тим, ефективна система збору таких відходів у перехідних країнах відсутня, тому основна маса потрапляє на сміттєзвалища.

В розвинутих країнах система збору вторинних ресурсів добре налаштована та відпрацьована: шини відправляють на переробку, зношений одяг збирають для використання в якості дрантя чи передачі біднішим верствам населення, тому вміст текстилю, гуми та шкіри у відходах таких країн нижче 5 %. Відповідно змінюються і проблеми, викликані ТПВ. Якщо для слаборозвинутих країн основними є санітарно-гігієнічні проблеми, то для розвинутих – проблеми ресурсозбереження та екології. Для України, як країни перехідного етапу, характерним є об'єднання обох проблем одночасно.

Усереднений морфологічний склад ТПВ, характерний для України (рис. 1).

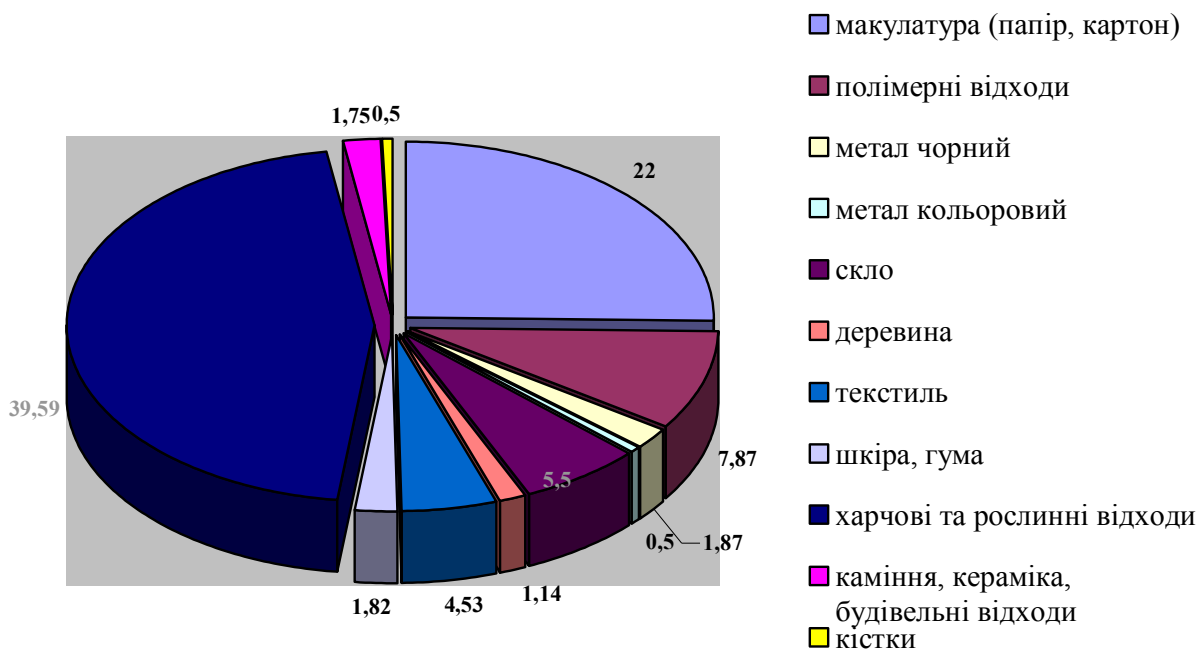


Рисунок 1 – Усереднений морфологічний склад ТПВ в Україні, відсоток маси

В залежності від сезону суттєво змінюється у ТПВ вміст змету, що змітається безпосередньо з вулиць та прибудинкових територій. У зимовий період його доля зменшується в два-три рази.

Таблиця 1– Морфологічний склад ТПВ

| **Компоненти** | **Вміст, відсотків за масою** | **Компоненти** | **Вміст, відсотків за масою** |
|---|---|---|---|
| Папір, картон | 20 – 30 | Скло | 3 – 8 |
| Харчові відходи | 28 – 45 | Шкіра, гума | 1 – 4 |
| Деревина | 1,5 – 4 | Каміння, фаянс | 1 – 3 |
| Метали чорні | 1,5 – 4 | Пластмаси | 1,5 – 5 |
| Метал кольоровий | 0,2 – 0,3 | Зміт (<15 мм) | 7 – 18 |
| Текстиль | 4 – 7 | Інші | 1 – 3 |

Потік ТПВ формується, в основному, за рахунок відходів трьох основних галузей – житлового сектора, комунальних та громадських організацій, промисловості. Найбільш суттєво відрізняються відходи за вмістом органіки та паперу і картону, що цілком пояснюється особливостями процесів діяльності людини у житловому секторі та на промисловому чи комунальному підприємстві. Тому очевидно, що морфологічний склад відходів від кожних з перелічених трьох джерел буде суттєво відрізнятися між собою.

*Фракційний склад ТПВ* – це процентний вміст маси компонентів, що проходять крізь сита з отворами різного розміру. Фракційний склад впливає на технологію збирання, організацію збирання, транспортування, параметри обладнання СПЗ (подрібнювачі, грохоти, тощо). На фракційний склад побутових відходів впливають сезон року, кліматичні умови. Тому відсоткове співвідношення між різними компонентами ТПВ може бути наведено лише умовно або для конкретної партії відходів.

Цей показник дуже важливий для процесів транспортування та обробки ТПВ, оскільки є визначальним при виборі обладнання для окремих процесів, як наприклад, сепарації, розділення, компостування. Дослідженнями встановлено, що до 2 % загальної маси ТПВ складають шматки розміром більше 350 мм. 98 % відходів мають менший розмір. 2 % відходів, являють

собою великогабаритні відходи у вигляді побутової техніки, старих меблів, шматків будівельних конструкцій з різних матеріалів. Щодо інших відходів, їх фракційний склад наведений у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вміст компонентів ТПВ по фракціях, відсотків від загальної маси

| Склад | Розмір фракцій, мм | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 350 – 250 | 250 – 150 | 150 – 100 | 100 – 50 | <50 |
| Папір | 3 – 8 | 9 – 11 | 9 – 11 | 7 – 9 | 2 – 8 |
| Харчові відходи | – | 0 – 1 | 2 – 10 | 7 – 13 | 17 – 22 |
| Метал | – | 0 – 1 | 0,5 – 1 | 0,8 – 1,6 | 0,3 – 0,5 |
| Деревина | 0,5 – 1 | 0 – 0,5 | 0 – 0,5 | 0,5 – 1 | 0 – 0,5 |
| Текстиль | 0,5 – 1,3 | 1 – 1,5 | 0,5 – 1 | 0,3 – 1,8 | 0 – 0,5 |
| Кісти | – | – | – | 0,3 – 0,5 | 0,5 – 0,9 |
| Стекло | – | 0 – 0,3 | 0,3 – 1 | 0,5 – 1,5 | 0 – 0,3 |
| Шкіра, гума | – | 0 – 1,0 | 0,5 – 2 | 0,5 – 1,5 | 0 – 0,3 |
| Камені | – | – | 0,2 – 1,0 | 0,5 – 1,5 | 0,5 – 2,0 |
| Полімери | 0 – 0,2 | 0,3 – 0,8 | 0,2 – 0,5 | 0,2 – 0,5 | 7 – 11 |
| Усього | 4 – 10 | 11 – 15 | 18 – 22 | 20 – 30 | 30 – 40 |

Як видно з таблиць фракційний і морфологічний склади взаємозалежні: чим менше харчових відходів, тим дрібніше загальна фракція; чим більше пляшок, тари, упакувань, тим крупніше відходи.

*Хімічний склад ТПВ*. Хімічний склад ТПВ також є досить мінливою характеристикою, тому може бути наведений лише у вигляді оціночних значень. Основним елементом ТПВ є вуглець з домішками кальцію, фосфору, азоту, сірки, кисню та інших елементів.

Аналіз усереднених даних по хімічному складу ТПВ застосовується по двох кліматичних зонах: середній та південній. Вся Україна віднесена до середньої зони, Південний берег Криму – до південної.

Типовий хімічний склад твердих побутових відходів по кліматичних зонах представлені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Хімічний склад ТПВ, у відсотках від сухої маси

| Показники | Кліматична зона | |
|---|---|---|
| | середня | південна |
| Органічна речовина | 56–72 | 56–80 |
| Зольність | 28–44 | 20–44 |
| Азот загальний | 0,9–1,9 | 1,2–2,7 |
| Кальцій | 2–3 | 4–5,7 |
| Вуглець | 30–35 | 28–39 |
| Фосфор | 0,5–0,8 | 0,5–0,8 |
| Калій загальний | 0,5–1 | 0,5–1,1 |

Вміст значної кількості органічних речовин дозволяє отримувати з ТПВ шляхом компостування продукти з високими агрохімічними показниками. Порівняння хімічного складу ТПВ зі складом земної кори змушує визнати, що ТПВ значно токсичніші внаслідок наявності значних концентрацій хлору, фтору, брому та важких металів. З іншого боку, вміст у ТПВ окремих компонентів у концентраціях, на кілька порядків більших, ніж у земній корі, робить сховища ТПВ цінними техногенними родовищами.

До основних властивостей ТПВ відносять щільність, вологість, зольність, зв’язність, зчеплення, компресійні властивості (залежність тиску на ступінь ущільнення), абразивні та корозійні властивості, санітарно-бактеріологічні властивості. Фізичні властивості мають суттєве значення для процесів переробки відходів.

*Вологість ТПВ* складає для середньої зони 40–50 %, для південної – 35–70 %.

Вологість ТПВ може коливатися в дуже широких межах. Визначається вона, переважно, вологістю самих складових відходів, а також умовами та терміном їх зберігання. Якщо папір, картон, деревина у своєму природному стані вміщують не більше 20–50 % вологи, то вологість харчових відходів рідко буває нижчою 60 %, а в окремих випадках сягає 95 % і більше. Вологість ТПВ складає для середньої зони 40–50 %, для південної – 35–70 %. Суттєво на вологість ТПВ впливають умови їх зберігання та доступність для атмосферних опадів. Якщо ТПВ накопичуються на відкритих майданчиках, то атмосферні опади здатні суттєво збільшувати їх вологість. Змінюється вологість і при тривалому зберіганні відходів, особливо у теплу пору року, коли органічні компоненти підлягають гниттю та бродінню з виділеннями додаткової кількості вологи.

Сезонні зміни складу ТПВ представлені на рисунку 2.

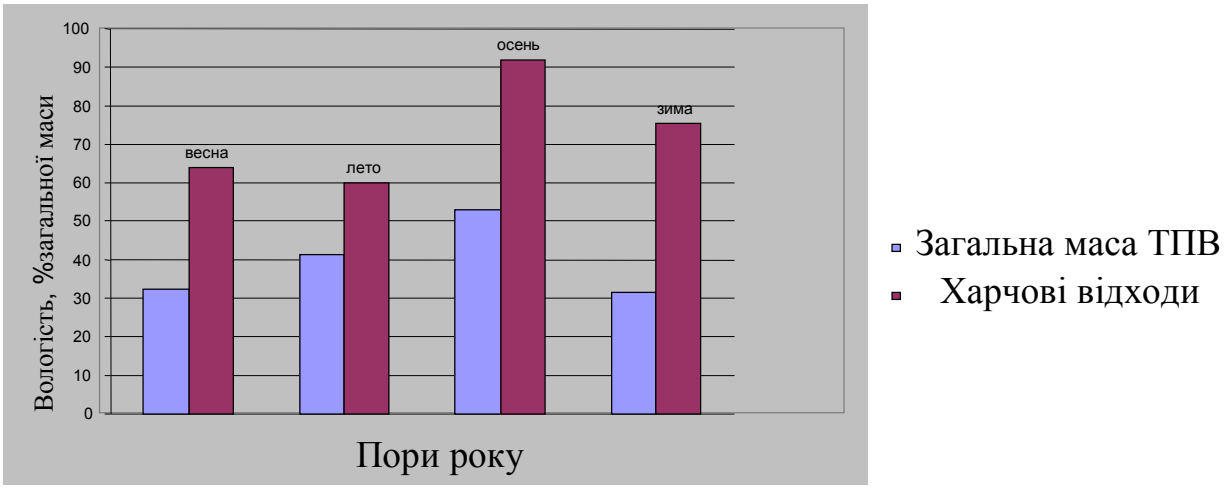


Рисунок 2 – Вологість ТПВ за сезонами року

*Щільність ТПВ* у значній мірі залежить від морфологічного та фракційного складу, тому є такою ж мінливою, як і інші характеристики. Для території України щільність ТПВ може коливатися у межах 0,18–0,6 т/м$^3$. Коливається залежно від пори року, умов життя, технологій збирання, ступеня благоустрою житлового фонду: для впорядкованого житлового фонду: весна-літо – 0,18–0,23 т/м$^3$; осінь-зима – 0,2–0,25 т/м$^3$. Для невпорядкованого житлового фонду: осінь-зима – 0,3–0,6 т/м$^3$.

Визначальним у формуванні щільності ТПВ є вміст паперу, картону та пластику. Оскільки характерною ознакою розвинутих країн є збільшення вмісту цих компонентів, то щільність відходів знижується. Найбільшу щільність мають відходи, які утворюються на територіях з пічним опалення, найменшу – ТПВ, які утворюються у великих містах з централізованою системою опалення.

Щільність ТПВ в значній мірі залежить від процесу їх обробки після збирання. Наприклад, початкова щільність ТПВ складає 140–180 кг/м$^3$. Після пресування, котре, в свою чергу, дозволяє знизити транспортні витрати, продовжити термін експлуатації полігону та покращити умови розкладання органічної речовини, щільність може бути збільшена до 600–800 і навіть 900–1000 кг.

*Зв'язність і зчеплення.* Завдяки наявності у ТПВ паперу та картону, текстилю, дроту, шматків пластику формується структура ТПВ та з'являється така властивість, як зв'язність. Вона виявляється у схильності ТПВ до утворення аркоподібних куполів і здатності проходити через решітку з розміром комірки 30 см × 30 см. Наявність у відходах значної кількості вологих та липких компонентів надає їм такої властивості, як зчеплення, яка виявляється у налипанні відходів на стінки бункерів розміщених під кутом 65–70° до горизонту. При тривалому зберіганні ТПВ злежуються, самоущільнюються та втрачають сипкість.

Тому при проектуванні обладнання для транспортування та накопичення ТПВ необхідно враховувати ці властивості, тим більш, що вони можуть суттєво змінюватись залежно від вмісту окремих компонентів.

*Компресійні властивості.* Для зменшення загального обсягу ТПВ під час перевезення й складуванні на полігонах важливо знати їхні компресійні властивості, тобто вплив тиску на ступінь ущільнення. В окремих випадках для зменшення загального обсягу ТПВ та забезпечення більш зручного та ефективного транспортування їх піддають примусовому пресуванню.

Основною характеристикою відходів в цьому випадку є їх компресійні властивості – вплив тиску на здатність відходів до ущільнення.

При пошаровому ущільненні на полігонах при питомому тиску, що дорівнює 0,1 МПа, обсяг ТПВ, вивантаженого із сміттєвоза, зменшується в 3–4 рази. При пресуванні ТПВ у сміттєвозі при питомому тиску, що дорівнює 0,1 Мпа, їхній обсяг зменшується в 1,5–3 рази.

При підвищенні питомого тиску до 0,3–0,5 МПа відбувається поломка різного роду пакувань, пресування паперу та плівок, починається видавлювання вологи. Обсяг ТПВ залежно від їх складу та вологості може бути зменшений як мінімум в 5 разів від первинного, отриманого при зборі ТПВ в контейнерах. Щільність ТПВ при цьому може досягати величини, що дорівнює 0,8 т/м$^3$ і більше.

При підвищенні питомого тиску до 10–20 МПа віджимається 80–90 % всієї вологи, що утримується в ТПВ при зборі. При цьому обсяг ТПВ знижується ще в 2–2,5 рази, а щільність підвищується в 1,3–1,7 рази. Спресовані в такий спосіб ТПВ на якийсь час стабілізуються, тому що змісту вологи в ТПВ недостатньо для активної життєдіяльності мікроорганізмів, а доступ кисню через високу щільність ускладнений.

При подальшому підвищенні питомого тиску до 60 МПа відбувається майже повне віджимання вологи, але обсяг практично вже не змінюється. Мікробіологічне життя в такому матеріалі вповільнюються.

*Абразивні та корозійні властивості.* Наявність у ТПВ шматків металів, скла, кераміки, кісток призводить до часткового руйнування, тобто зіскоблювання тертьових поверхонь, по яких відходи переміщуються. У зв'язку із цим ТПВ мають абразивність і можуть стирати дотичні з ними поверхні. Такі абразивні властивості змушують будувати бункери для накопичення відходів з металів, які більш стійкі до такого впливу або обшивати металом споруди з інших матеріалів.

Однак, при цьому виникає інша проблема. Оскільки окремі компоненти ТПВ мають значну вологість, містять достатню кількість солей, а органічні

компоненти здатні розкладатися з утворенням різноманітних кислот, значно зростають корозійні властивості як самих відходів, так і їх фільтратів. При контакті з металами ТПВ мають кородуючий вплив, що пов'язаний з їхньою високою вологістю, наявністю у фільтраті розчинів різних солей і кислим середовищем (рн=5–6,5).

*Теплотехнічні властивості.* Наявність у ТПВ великої кількості органічних речовин відповідає за їхню теплотворну здатність. Питома теплоємність основних компонентів ТПВ (у Дж/кг град.) наступна: вода – 4190; дерево, картон, папір – 2000–2500; скло, каміння – 800– 1000; залізо – 400; алюміній – 860. Теплотворна здатність ТПВ також залежить від їхньої щільності. Так, при зміні щільності від 0,2 т/м$^3$ до 0,5 т/м$^3$ теплотворна здатність ТПВ знижується з 2000 до 940 ккал/кг.

*Санітарно–бактеріологічні властивості.* ТПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, які, розкладаючись, виділяють гнильні запахи й фільтрат. Фільтратом називають рідку фазу, що утворюється на полігоні побутових відходів при захороненні твердих побутових відходів з вологістю понад 55 % та внаслідок атмосферних опадів, обсяг яких перевищує кількість вологи, що випаровується з поверхні полігона. Проте часто цей термін використовують для позначення рідини, яка виділяється також з побутових відходів під час інших операцій поводження з ними: збирання, зберігання, транспортування тощо.

При висиханні відходів продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднювачами й мікроорганізмами (від 300 до 15 млрд на 1 г сухої речовини) пил. У результаті відбувається інтенсивне забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод. Розповсюджувачами патогенних мікроорганізмів є мухи, пацюки, птахи, безпритульні собаки й кішки. Крім патогенних мікроорганізмів, ТПВ містять в собі яйця гельмінтів, які зберігають свою життєдіяльність протягом десятків років і також з пилом та фільтратом виносяться за межі складування відходів і є джерелом забруднення вод та ґрунтів. Мікроорганізми, що містяться в ТПВ є

збудниками таких небезпечних захворювань, як гепатит, дизентерія, туберкульоз, аскаридоз, різних шкіряних, респіраторних та інших захворювань. Контроль бактеріального забруднення в Україні здійснюється за допомогою титрування (титр – вміст будь-чого в одиниці об'єму). Існують спеціальні методики. Наприклад, в Україні в якості тест об'єкта використовують «колі-титр», тобто кількість клітин кишкової палички у ТПВ, що свідчить про розвиток іншої, більш небезпечної патогенної мікрофлори. У країнах ЄС як титр використовують фекальний стафілокок.

## ТЕМА 3 ПРОБЛЕМА ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ ТА ЇЇ ІСТОРІЯ

Тверді побутові відходи завжди утворювались у результаті процесів життєдіяльності людини. Але, оскільки на ранніх етапах розвитку людське суспільство використовувало та споживало лише продукти природного походження і вело розосереджений спосіб життя, то тверді відходи мало йому дошкуляли. Незначних об'ємів таких відходів можна було позбутися найпростішим шляхом: спалювання чи захоронення. З часом, інтенсивна урбанізація та використання великої кількості штучних речовин почали створювати та загострювати проблему твердих побутових відходів (ТПВ). Першими проблемами ТПВ стали масштабні епідемії, спричинені організмами, які масово розмножувались у купах сміття та розповсюджували інфекції – щурами, клопами, блохами та ін. Із збільшенням об'ємів накопичення ТПВ почали виникати проблеми із запахами та задимленням прилеглих територій при самозайманні звалищ. Оскільки міста росли досить швидко, а санітарія була не на найкращому рівні, то часто звалища опинялись в межах міст, чим ще більше посилювався їх негативний вплив на навколишнє природне середовище і, як наслідок, здоров’я людини.

Перший відомий закон щодо поводження з ТПВ датується 320 р. до н.е. і був прийнятий в Афінах. У 1714 р. в Англії спеціальним указом всі муніципалітети були зобов'язані ввести посаду, котра передбачала

управління відходами, що утворювались на території міста. У XIX столітті загострюється проблема місць для організації нових звалищ. Вже в 1889 р. американські чиновники констатували нестачу місць для накопичення відходів, а англійські футурологи цілком обґрунтовано розраховували, через скільки років вулиці Лондона вкриються багатометровим шаром кінського гною.

Загалом, XX ст. характеризується загостренням існуючих проблем з ТПВ та виникненням нових. Використання значної кількості речовин та матеріалів, які не характерні для навколишнього середовища: елементи живлення, побутова хімія, непридатні ліки та медичні препарати, зношена побутова техніка, лаки, фарби та інше призвели до забруднення основних компонентів довкілля – ґрунтів, повітря, поверхневих та підземних вод. Суттєво загострюється і соціальний фактор – місцеве населення досить активно та, інколи, навіть агресивно реагує на спорудження на їх території полігонів для зберігання «чужого сміття». Відомий приклад американської баржі «Манроу» з Нью-Джерсі, яка протягом року блукала від порту до порту з вантажем ТПВ і повернулась назад, так і не позбувшись жодної тони. До того ж, все більшого значення набуває у проблемах, пов’язаних з ТПВ, фактор ресурсозбереження, оскільки склад відходів суттєво змінюється і вони за вмістом окремих компонентів можуть переходити у категорію техногенних родовищ, та економічний фактор, оскільки переробка відходів може, в окремих випадках, приносити достатньо суттєвий прибуток.

Україна належить до країн з високим рівнем урбанізації, де внаслідок зростання споживання надзвичайно актуальною є проблема поводження з накопичуваними ТПВ.

За даними Національного екологічного центру України на полігонах та звалищах України накопичилося більше 1 млрд. $м^3$ відходів життєдіяльності людини, з яких згідно з офіційними даними Держкомстату України, повторну переробку проходить 3,5 %.

На сьогоднішній день кількість звалищ ТПВ в Україні досягла кризового рівня. Якщо на початок ІІ півріччя 2016 року, на Україні налічувалося 6,5 тис. полігонів та 35 тис. сміттєзвалищ, разом вони складали 42 тисячі гектар, то вже в 2017 році загальна маса накопичених відходів на території країни стала перевищувати 36 млрд. т, а полігони та звалища зайняли значну частку земельних угідь. За підрахунками екологів, Україна накопичила 54 млрд кубометрів відходів; щороку полігони та звалища поповнюються приблизно на 15–17 мільйонів тонн. На даний час показник утворення відходів в Україні в середньому становить 250–300 кілограмів на рік на людину і має тенденцію до зростання [1]. Причому, відходи вивозяться на звалища і накопичуються там роками. За підрахунками екологів, така доля спіткає 93 % усіх відходів.

Для порівняння: у Бельгії, Великобританії та Німеччині ця цифра сягає 340–380 кг/рік, в Австрії та Фінляндії – близько 600 кг, проте у цих країнах майже усі ТПВ переробляються [2].

Найжахливіше, що сміттєзвалища часто мають стихійний та незаконний характер. За попередніми оцінками, таких неконтрольованих полігонів в Україні налічується майже 33 тисячі, які займають більш ніж 7 тис. га землі.

За такими об’єктами ніхто не пильнує, і як наслідок, часто виникають стихійні пожежі, а отруйні речовини від розкладання біологічних компонентів потрапляють в ґрунт і воду.

За своїм складом українські ТПВ відповідають відходам перехідних країн [3]. Фахівці розрізняють три категорії країн, враховуючи склад їх відходів (табл.4).

Перед країнами відповідних категорій стоять різні завдання щодо побутових відходів. Якщо в слаборозвинених країнах з ними пов'язана насамперед санітарно-гігієнічна проблема (велика маса невикористаної органіки сприяє поширенню небезпечних хвороб), то перед розвиненими постають більш складні питання: втрата природних ресурсів, хімічне забруднення і т.п. У так званих перехідних державах (до яких, відповідно до цієї класифікації, відносяться східноєвропейські країни і держави

колишнього СРСР, у тому числі і Україна, а також ряд південноамериканських та східноазійських країн) проблему ТПВ необхідно розглядати як поєднання обох проблем.

Таблиця 4 – Розподіл відходів по категоріям в різних країнах, відсоток [3]

| Види відходів | Тип країни розвинуті | | |
|---|---|---|---|
| | розвинуті | перехідні | мало розвинуті |
| Папір | 34 | 16 | 1,5 |
| Органіка | 26 | 45 | 64 |
| Інше | 12 | 9 | 22 |
| Скло | 11 | 1,5 | 4 |
| Пластик | 7 | 12 | 0,5 |
| Метали | 7 | 1,5 | 1 |
| Текстиль, гума, шкіра | 3 | 15 | 7 |

У нашій державі взагалі не існує галузі утилізації відходів, з усієї кількості відсортовується лише 5,6 %, а спалюється 1,4 %.

Поодинокі випадки, як наприклад, трагедія на Грибовицькому сміттєзвалищі у Львові, у якій загинуло чотири людини, змушують «гасити пожежі», але не вирішують проблему системно.

Цікавий факт, що на сьогоднішній день, інтенсивність утворення твердих відходів випереджає інтенсивність росту населення, оскільки людині завжди було характерним бажання жити краще та комфортніше. Як наслідок, незважаючи на те, що протягом останніх десятиліть, населення України суттєво зменшилось (рис. 3), кількість ТПВ не тільки не зменшується (рис. 4), але, й навпаки, продовжує накопичуватися та збільшуватися, тому з кожним роком площа, зайнята під полігони ТПВ збільшується [5]. Тоді як, наприклад у ЄС навпаки, кількість населення зростає, а накопичення ТПВ зменшується.

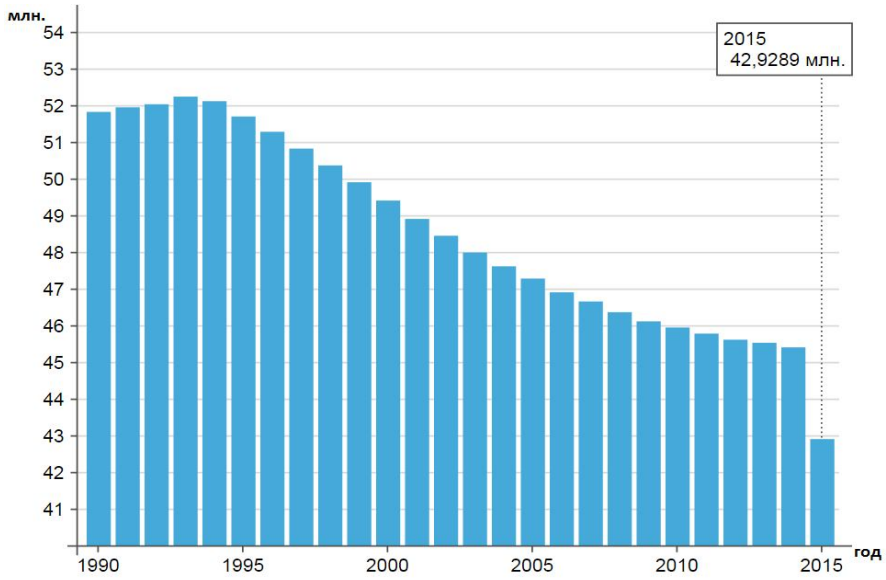


Рисунок 3 – Зміна кількості населення України, млн чол.

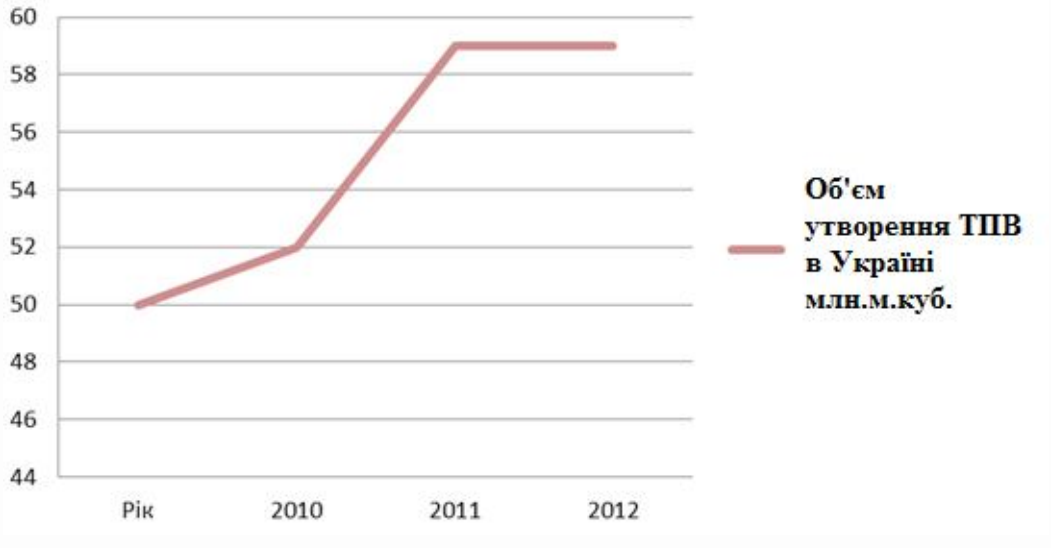


Рисунок 4 – Об’єми утворення ТПВ в Україні, млн $м^3$

Існуючі полігони та звалища ТПВ представляють собою значну екологічну небезпеку, яка буде діяти ще десятки років. Особливістю ТПВ є їх прив'язаність до місць утворення. Тому вони, перш за все, є основним джерелом надходження в довкілля шкідливих хімічних, біологічних та біохімічних речовин, що створює екологічну небезпеку для навколишнього середовища та загрозу здоров'ю людини.

Крім того, експлуатація полігонів ведеться без врахування сучасних екологічних вимог, як наслідок виникає цілий ряд проблем:

– більшість полігонів і звалищ функціонує від 20 до 40 років і не є спроектованими належним чином (відсутнє відведення поверхневих вод, збір і обробка фільтрату, а також поводження з полігонним газом);

– часто контроль комунальних відходів, які поступають на полігони і звалища, відсутній зовсім або вкрай обмежений, що може призвести до несанкціонованого розміщення небезпечних відходів;

– облаштування багатьох діючих нині полігонів і звалищ відбувалося без врахування гідрогеологічних умов, тому більшість з них сьогодні представляють суттєву загрозу для цінних водних ресурсів;

– розміщення відходів часто здійснювалось стихійно без проектної документації з подальшим визнанням де-факто та експлуатуються з порушенням санітарно-гігієнічних вимог до місць видалення відходів, що сприяє антисанітарії, розповсюдженню гризунів та інших носіїв інфекцій [6].

Але, незважаючи на це, захоронення ТПВ ще довгий час залишатиметься найбільш поширеним методом знешкодження і утилізації відходів. Тому, питання дослідження дії полігонів ТПВ як техногенних об’єктів на компоненти урбоекосистеми та можливості їх утилізації є надзвичайно актуальним.

## ТЕМА 4 СВІТОВИЙ ДОСВІД ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ

В розвинутих країнах давно існує ринок утилізації, який розглядає відходи як ресурс. Існує цілий ланцюжок поводження з відходами, є більш чіткий контроль за станом навколишнього природного середовища під час експлуатації полігону і абсолютно інший підхід, який полягає в запобіганні розміщення ТПВ на полігонах, використовуючи більш перспективні методи (рис. 5, 6). Це більш докладно пояснюється Директивою ЄС «Про відходи» [7].

Рисунок 5 – Схема пріоритетів поводження з відходами в країнах ЄС

Рисунок 6 – Схема ефективності методів поводження з відходами в країнах ЄС

Перший крок — це запобігання утворенню відходів. Наприклад, Франція стала першою країною, яка заборонила продаж пластикових

стаканів, а Румунія, Німеччина та Бельгія встановили податок на використання целофанових пакетів.

Другий крок, це підготовка до повторного використання, тобто відокремлення від решти відходів паперу, пластику, кольорового та безбарвного скла та ін. Такі відсортовані компоненти використовуються як вторинна сировина.

Наступною ланкою поводження з відходами в країнах ЄС є переробка. Причому, переробка може відбуватись у різні способи, найбільш сучасним і широко вживаним з яких є механіко-біологічна обробка. Заводи механіко-біологічної обробки, що будують останнім часом, відправляють для захоронення на полігон не більше 10–15 % відходів.

В ході переробки відходи зменшуються в обсязі та знешкоджуються, що дозволяє знизити майже до нуля кількість викидів парникових газів, зокрема метану, і уникнути утворення токсичного фільтрату, що потрапляє у ґрунтові води, якщо на полігон вивозять необроблені відходи.

Ще однією можливістю у переробці відходів є генерація «зеленої» енергії для забезпечення домівок електрикою. І вже тільки потім настає час полігонів, куди вивозять оброблені біологічно неактивні відходи.

Яскравим прикладом дієвої сміттєпереробної галузі є досвід сусідньої Польщі. Ще п'ять років тому країна мала великі проблеми із накопиченням відходів. Але вже сьогодні в Польщі побудовано більше 100 об'єктів, які займаються обробкою відходів. Наприклад, сміттєпереробний завод міста Ольштин обслуговує 500 тис. населення, перероблюючи 85 % утворюваних відходів.

З відходів виробляють альтернативне паливо (RDF), теплотворна здатність якого порівняна з вугіллям, і вторинну сировину (пластик, метал, алюміній). Тільки 10–15 % нетоксичних відходів після переробки йде на полігон для захоронення. Варто зазначити, що на таких заводах не тільки сортують відходи, а й здійснюють їх технологічну обробку. В результаті обробки відходи майже не мають запаху і стають безпечними для довкілля.

За підрахунками екологів, завдяки таким заводам відсоток захоронення відходів у Польщі не перевищує 40 % по країні.

Одним з найбільших лідерів переробки відходів є Швеція, де використовують технологію «енергія-зі-сміття» («Waste-to-Energy»). Близько 2,5 мільйонів тонн відходів щороку спалюється для вироблення електро- або теплової енергії. 99 % відходів в країні використовується або як паливо для електростанцій, або як сировина для виробництва. Швеція настільки успішна в переробці власних відходів, що почала завозити їх з-за кордону.

Австрійці активно впроваджують нові технології перетворення відходів на ресурс. Вони непогано почуваються в концепції «циркулярної економіки – коли відходи стають сировиною для виробництва нових речей. Сьогодні, наприклад, вони активно застосовують біотехнологію, що дозволяє розщепляти пластик. Для цього використовується особливий грибковий фермент, який здатен розщеплювати полімери на прості мономерні елементи. Так забезпечується «колообіг пластику»: відхід від одного продукту використовується для створення іншого. Британія є одним із світових лідерів в іншій технології: перетворенні харчових відходів на енергію. Для цього застосовується «анаеробне розщеплення». Просто кажучи – використання бактерій для переробки харчових відходів і отримання біогазу та біодобрива. Технологія полягає у забезпеченні безкисневих умов (перекривається доступ кисню), в результаті чого розмножуються бактерії, що розщепляють органіку. У Фінляндії зручні точки збору відходів мають як житлові будинки, так і магазини та підприємства. Країна практикує систему заставної вартості упаковки – коли при купівлі продукту покупець платить ще й за упаковку [4].

Звісно, процес переробки не буває безкоштовним, тому кожна країна визначає яким чином збирати необхідні кошти. В деяких європейських країнах громадяни сплачують комунальний платіж за переробку відходів, в інших — кошти для утилізації отримують з податку на упаковку, які одразу закладаються у вартість товару.

За останні роки країни Західної Європи отримали досвід утилізації відходів і впродовж часу удосконалювали методи поводження з ними. Політика в цій сфері головним чином орієнтована на зниження кількості відходів та на розвиток методів їх максимального використання. При реальному підході до вирішення проблеми головним елементом є сортування відходів з метою вилучення корисних складових та повернення їх у товарний оборот. При цьому в Європі ретельно слідкують за дотриманням правил щодо поводження з відходами. У разі порушення норм передбачається штраф, який у перерахунку становить більше тисячі гривень.

В багатьох країнах використовується метод поводження з побутовими відходами – сміттєспалювання. Слід відмітити, що побутові відходи на Україні значно відрізняються по морфологічному складу від побутових відходів країн Західної Європи, США, Японії. Відходи в Україні, як правило, мають значно більше органіки та інших негорючих компонентів, що потребує внесення значних змін у технологічні процеси спалювання, веде до збільшення експлуатаційних витрат. Вартість спалювання однієї тонни відходів в Європі становить від 60 доларів до 110 доларів. В Україні процес спалювання ще ускладнюється й тим, що відходи, перед відправкою на завод, заздалегідь не сортуються. Це значно підвищує ступінь небезпеки для здоров'я населення, адже при спалюванні несортованих побутових відходів в повітря потрапляють важкі метали (ртуть, кадмій, свинець), броміни і ще декілька тисяч небезпечних речовин, токсичні властивості яких недостатньо вивчені [4].

## ТЕМА 5 ОПЕРАЦІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Поводження з відходами – дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення, перероблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення,

включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення (рис. 7) [8].

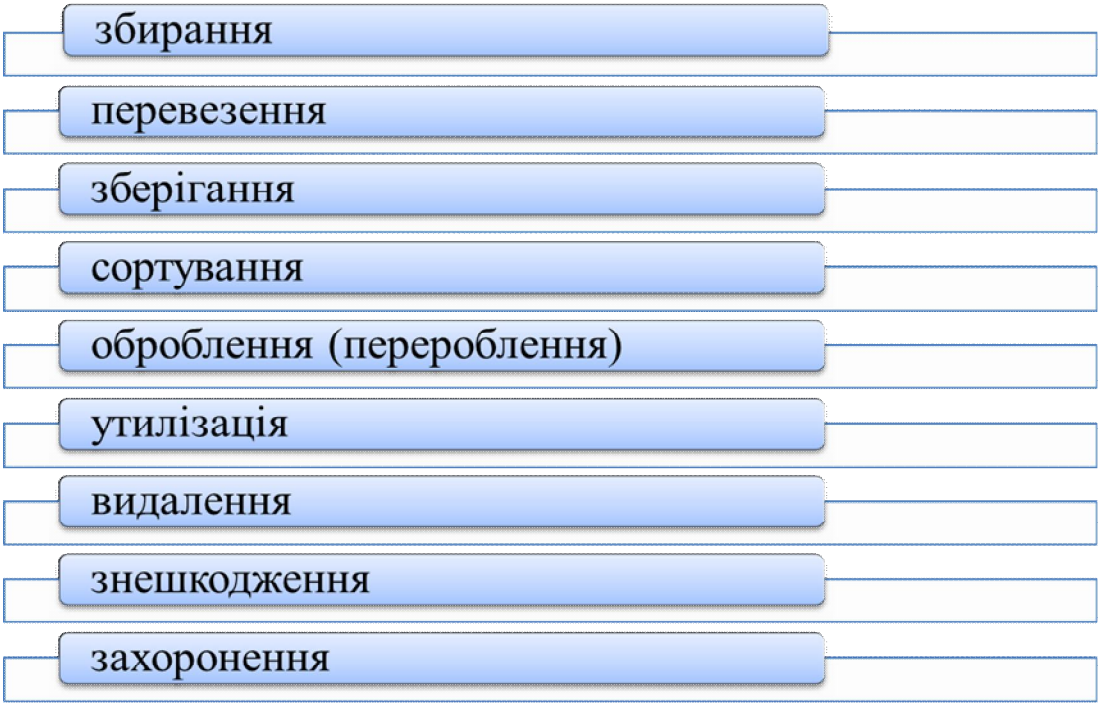


Рисунок – 7 Операції поводження з відходами

*Розміщення відходів* — зберігання (тимчасове розміщення до утилізації чи видалення) та захоронення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи об'єктах (місцях розміщення відходів, сховищах, полігонах, комплексах, спорудах, ділянках надр тощо), на використання яких отримано дозвіл спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади у сфері поводження з відходами [8].

Під час вибору методів поводження з ТПВ насамперед слід керуватися принципами екологічної безпеки (коли гарантується запобігання погіршення екологічної ситуації і здоров'я людини) та принципами економічної ефективності.

## ТЕМА 6 ЗБИРАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Організація збору та видалення побутових відходів здійснюється відповідно до Закону України «Про відходи» [8] та інших нормативно-правових актів.

У багатьох містах України функціонує унітарна (валова) система збору ТПВ, тобто всі види відходів збираються в одну загальну ємність і транспортуються до місць знешкодження. У ситуації, що склалася, такий підхід до збору та видалення цих відходів з міської зони вважається найменш витратним.

У населених пунктах збирання твердих, ремонтних і великогабаритних відходів рекомендується здійснювати за контейнерною або безконтейнерною схемою. Метод збору та видалення при цій системі планово-подвірний або планово-поквартирний.

*Планово-подвірна система збирання ТПВ* – система, за якою зібрані в контейнери або сміттєприймальні камери будинків ТПВ вивозять сміттєвозами на об’єкти поводження. Технологічна схема та устаткування, що застосовується при планово-подвірному методі, визначається кількістю населення, що обслуговується, щільністю та поверховістю забудови, наявністю в будинках сміттєпроводів.

У разі застосування планово-подвірної системи збирання побутових відходів на об'єктах благоустрою населених пунктів мають бути виділені спеціально обладнані майданчики для розміщення контейнерів для зберігання побутових відходів (контейнерні майданчики) із зручними під'їздами для сміттєвозів.

Тверді, великогабаритні і ремонтні відходи збирають окремо у контейнери різної місткості, розміщені на контейнерному майданчику.

*Планово-поквартирна* (побудинкова) система збирання ТПВ – система, яка не передбачає наявності контейнерів, а споживач самостійно завантажує ТПВ у сміттєвоз, що прибуває за графіком.

При існуючій системі всі зібрані спеціалізованими підприємствами відходи (як від житлового сектора, так і від підприємств і організацій) транспортуються на полігони ТПВ. Діяльність спеціалізованих підприємств по збору та вивозу ТПВ фінансуються в основному за рахунок оплати договорів, які суб'єкти господарювання укладають зі спеціалізованими

структурами, об’єднаннями співвласників (для мешканців багатоквартирних житлових будинків) і власниками приватних домобудівництв, а також з підприємствами, установами та організаціями. Існуюча система збору відходів не відповідає сучасним вимогам, залишається низьким рівень механізації об'єктів комунального господарства внаслідок значного фізичного та морального зносу основних фондів, недостатності спеціалізованих транспортних засобів, машин і механізмів для санітарного очищення та прибирання територій і т.п. Погіршує ситуацію відсутність коштів, необхідних на розвиток цієї сфери, відсутність санкціонованих місць складування, системи збору та сортування ТПВ та інші фактори.

Збір відходів часто є найбільш дорогим компонентом усього процесу поводження з ними. Тому правильна організація збору відходів може заощадити значні кошти.  На густонаселених територіях нерідко доводиться транспортувати відходи на значні відстані. Рішенням у цьому випадку може стати станція тимчасового зберігання відходів, сміттєперевантажувальна станція, від якої відходи можуть вивозитися більшими за вантажопідйомністю машинами або по залізниці. Треба при цьому відзначити, що станції проміжного зберігання являють собою об'єкти підвищеної екологічної небезпеки. Вони також можуть поєднуватись зі станціями сортування ТПВ.

*Планово-регулярна* організація збору і видалення ТПВ передбачає вивіз відходів з домоволодіння зі встановленою періодичністю. Періодичність видалення ТПВ встановлюється санітарними службами виходячи з місцевих умов відповідно до діючих правил утримання території населених місць. Тип і ємкість вживаних сміттєзбірників залежить від кількості відходів, типу і поверховості забудови, способу завантаження і вивантаження ТПВ, що накопичуються. В малоповерховій забудові всі ТПВ збирають в сміттєзбірники, мішки або іншу тару. Потім вручну або механізовано завантажують у кузов сміттєвозу. Для багатоповерхових або групи малоповерхових будинків встановлюють стандартний контейнер на

коліщатках, відходи з якого механізованим способом вивантажують в сміттєвоз. В місцях великого скупчення ТПВ встановлюють контейнери-кузови, що знімаються.

Житлові масиви і внутрішньодворові території, дороги загального користування та інші об'єкти благоустрою населених пунктів, а також місця проведення масових заходів обладнуються контейнерними майданчиками, урнами для побутових відходів.

Вимоги до облаштування контейнерних майданчиків:

– водонепроникне тверде покриття;

– обладнані навісами, огорожею;

– ізольовані від об'єктів обслуговування населення, господарських дворів і магістральних вулиць смугою зелених насаджень шириною не менше 1,5 м;

– не прохідні для пішоходів і транзитного руху транспорту;

– рекомендується обладнувати пандусом від проїзної частини та огородженням;

– віддалені від меж земельних ділянок навчальних та лікувально-профілактичних закладів, стін житлових та громадських будівель і споруд, майданчиків для ігор дітей та відпочинку населення на відстань не менше 20 м;

– на території садибної забудови населених пунктів відстань від контейнерних майданчиків до меж присадибних ділянок зі сторони вулиць повинна складати не менш як 5 м.

Власник контейнерів для зберігання побутових відходів зобов'язаний забезпечити їх миття та дезінфекцію засобами, дозволеними до використання Міністерством охорони здоров'я України, у літній період року – не рідше одного разу на 10 діб, а в інші періоди року – не рідше одного разу на місяць.

При планово-поквартирній системі збирання побутових відходів споживачі самостійно завантажують побутові відходи у сміттєвоз, що

прибуває за графіком. Забороняється виставляти та складувати побутові відходи за межами присадибної ділянки завчасно (раніше однієї години) до прибуття сміттєвозу.

Виконавці послуг з перевезення побутових відходів зобов'язані інформувати населення про графік перевезення побутових відходів.

Таку систему збирання можна застосовувати виключно на території садибної забудови.

Власники або наймачі, користувачі, у тому числі орендарі одноквартирних житлових будинків, земельних ділянок можуть купувати пластикові пакети (мішки) для збирання ПВ самостійно через торгівельну мережу або придбавати їх у виконавця послуг з вивезення побутових відходів.

Технологічні схеми роздільного збирання побутових відходів визначаються органами місцевого самоврядування з урахуванням річної норми надання послуг з вивезення побутових відходів, складових, що входять до побутових відходів, потреби у вторинних енергетичних та матеріальних ресурсах, органічних добривах, економічних факторів та інших вимог.

Для роздільного збирання ТПВ використовують такі технологічні схеми:

1. технологічна схема 1 – на два контейнери;
2. технологічна схема 2 – на три контейнери;
3. технологічна схема 3 – на чотири контейнери;
4. технологічна схема 4 – на п'ять контейнерів

Впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів проводиться за такими етапами:

– визначення обсягів надання послуг з вивезення побутових відходів;

– визначення компонентів, що входять до складу твердих побутових відходів, та проведення розрахунків середньодобового та середньорічного утворення відходів як вторинної сировини у складі ТПВ;

– визначення споживачів вторинної сировини та/або обґрунтування необхідності будівництва спеціальних установок з перероблення відходів як вторинної сировини;

– визначення вимог споживачів вторинної сировини до якості відходів як вторинної сировини та вартості їх приймання на перероблення;

– вибір технологічної схеми роздільного збирання ТПВ;

– вибір типів і розрахунок кількості контейнерів для збирання відходів як вторинної сировини, придбання контейнерів;

– вибір раціональної схеми розташування контейнерів та будівництво у разі необхідності контейнерних майданчиків;

– визначення системи та режиму перевезення відходів як вторинної сировини;

– вибір типів і кількості спеціально обладнаних транспортних засобів для перевезення відходів як вторинної сировини.

Для збирання та тимчасового зберігання малих об’ємів побутових відходів застосовують урни, встановлення та очищення яких відбувається відповідно до санітарних правил та норм.

Для збирання рідких відходів застосовують, як правило, вигрібні ями з періодичним видаленням накопичених рідких відходів, та локальні очисні споруди, де рідкі відходи знешкоджують шляхом відстоювання та біологічного очищення.

*Вигрібна яма (вигріб)* – інженерна споруда у вигляді поглиблення в землі, виконана з водотривкого матеріалу, призначена для збирання та зберігання рідких відходів, наземна частина якої обладнана щільно прилягаючою кришкою та решіткою для відокремлення твердих відходів.

Заборонено використання вигрібних ям без дна з фільтрацією у ґрунт неочищених стоків. Заборонено використання вигрібних ям у районах індивідуального житлового будівництва, де є централізоване водопостачання та каналізація.

Рекомендується на заміну вигрібних ям використовувати септики – споруди для очищення невеликих об'ємів стічних вод (до 25 $м^3$/добу).

## ТЕМА 7 ПРАВИЛА НАДАННЯ ПОСЛУГ ІЗ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

Обсяг надання послуг розраховується на підставі норм, затверджених органом місцевого самоврядування в установленому законодавством порядку. Одиницею виміру обсягу наданих послуг з поводження з побутовими відходами є кілограм, тонна, кубічний метр або літр.

Норма надання послуг з вивезення побутових відходів – це кількісний показник споживання послуг з вивезення побутових відходів, які утворюються на одну розрахункову одиницю (одного мешканця для житлової забудови, одне місце в готелі, гуртожитку та ін., 1 $м^2$ торгівельної та складської площі, вокзалів, автостоянок, пляжів та ін.; одне відвідування для поліклінік тощо) за одиницю часу. Визначення норм здійснюється за результатами вимірювання кількості побутових відходів.

Вимірювання кількості побутових відходів проводять у житлових будинках та на підприємствах, установах та організаціях.

Критеріями якості послуг є дотримання:

- графіка вивезення побутових відходів,
- правил надання послуг з поводження з побутовими відходами,
- інших вимог законодавства щодо надання послуг з вивезення побутових відходів.

Основою нормативно-правової бази поводження з відходами є Закон України «Про відходи», який визначає правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язаної із запобіганням або зменшенням обсягів

утворення відходів, їх збиранням, перевезенням, зберіганням, обробленням, утилізацією та видаленням, знешкодженням та захороненням, а також зі зменшенням негативного впливу відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини на території України.

## ТЕМА 8 ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

*Перевезення відходів* – транспортування відходів від місць їх утворення або зберігання до місць чи об'єктів оброблення, утилізації чи видалення.

*Транскордонне перевезення відходів* – транспортування відходів з території, або через територію України, на територію або через територію іншої держави [8].

Перевезення побутових відходів необхідно здійснювати спеціально обладнаними для цього транспортними засобами (сміттєвозами, асенізаційними машинами тощо), що унеможливлюють їх розвіювання, розсипання, розливання та розпилення, а також забезпечують зручність під час їх завантаження та вивантаження.

Необхідно забезпечити збереження цілісності небезпечних відходів та унеможливити їх руйнування та змішування між собою та з іншими видами відходів.

Тверді, великогабаритні, ремонтні, небезпечні відходи, а також окремі компоненти твердих відходів, отримані під час їх роздільного збирання, рекомендується перевозити за планово-регулярною або заявочною системами.

*Маршрут* – послідовний порядок руху від одного до іншого об’єкта обслуговування в межах одного виробничого циклу, тобто до повного завантаження транспортного засобу, який рекомендується розробляти за узгодженням із замовником для кожного сміттєвоза.

Великогабаритні відходи, навантаження яких є небезпечним чи може призвести до ушкодження спеціально обладнаного транспортного засобу для перевезення побутових відходів, рекомендується вивозити спеціальним автотранспортом.

Для перевезення бункерів-накопичувачів рекомендується використовувати великовантажні бункеровози, що обладнані спеціальними підйомниками.

Застосування двоетапного перевезення ТПВ здійснюється для зниження транспортних витрат на пальне і мастила та, відповідно, тарифів на послуги з вивезення ТПВ, зменшення кількості сміттєвозів, що працюють при збиранні і перевезенні відходів, підвищення продуктивності роботи, поліпшення екологічного стану довкілля.

Двоетапна технологія перевезення ТПВ передбачає наявність сміттєвозів-збирачів, транспортних сміттєвозів і сміттєперевантажувальної станції.

Сміттєвоз-збирач – транспортний засіб, призначений для збирання і перевезення ТПВ від місць їх утворення.

*Сміттєперевантажувальна станція (СПС)* – спеціалізований об'єкт, призначений для перевантаження ТПВ із сміттєвоза-збирача у приймальний чи накопичувальний бункер або у транспортний сміттєвоз, залежно від вибраного технологічного варіанта застосування сміттєперевантажувальних станцій.

Транспортний сміттєвоз – транспортний засіб, призначений для перевезення в декілька разів більшого обсягу ТПВ, ніж перевозить сміттєвоз-збирач, від сміттєперевантажувальної станції до місць їх захоронення або утилізації.

Сміттєперевантажувальні станції (СПС) доцільно застосовувати, якщо відстань від місць збирання до об’єктів поводження з ПВ перевищує 20 км при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні. Станції рекомендується застосовувати для централізованого перевантаження ПВ, які доставляють до них від місць збирання, у великовантажні спеціально обладнані транспортні засоби. Функції сміттєперевантажувальної станції можуть виконувати сміттєсортувальні або сміттєпереробні заводи відповідно до застосованих на них технологій.

Розмір санітарно-захисної зони СПС має бути 100 м.

Для збору і транспортування ТПВ застосовуються сміттєвози ємкістю від 6 до 60 м$^3$. Для ущільнення відходів, що транспортуються, – ущільнюючі пристрої поворотно–поступальної дії з системою плит, у вигляді барабана, що обертається, і шнекові. Ущільненням досягається зниження обсягу ТПВ в 1,5–2 рази. У важкодоступних місцях застосовуються невеликі сміттєвози ємкістю від 1 до 6 м$^3$. Із малих сміттєвозів відходи перевантажуються у великовантажний транспорт для вивозу до місць знешкодження чи захоронення. Зі зростанням міст місця видалення ТПВ все більше віддаляються та збільшується вартість транспортування відходів. Для перевезення на далекі відстані застосовують в основному автомобільний транспорт, рідше – залізничний і водний (наприклад, в Нью–Йорку). Вельми перспективним для цих цілей є використання мережі міського електротранспорту з вивозом ТПВ у нічний час.

Перевезення рідких відходів рекомендується здійснювати спеціально обладнаним транспортним засобом – вакуумною асенізаційною машиною згідно з санітарними правилами і нормами не пізніше ніж через дві доби після прийняття замовлення від власника або наймача, користувача, у тому числі орендаря одноквартирного житлового будинку, земельної ділянки.

Використання асенізаційного транспорту для інших цілей та його промивання у тих місцях, де промивають транспортні засоби іншого призначення, заборонено.

## ТЕМА 9 ОБРОБЛЕННЯ ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВІДХОДІВ

*Оброблення (перероблення) відходів* – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних із зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення.

Метою переробки є перетворення відходів у вторинну сировину, енергію або продукцію з певними споживчими властивостями.

Повторне використання означає довгострокове користування різними предметами і матеріалами, аби уникнути покупки нових товарів. Це передбачає придбання предметів і матеріалів тривалого або багаторазового використання, налагодження або оновлення пошкоджених предметів. Переробка в сировину і продукти передбачає виробництво з відходів нових матеріалів і продуктів і/або сировини для інших товарів. Це більш економічний спосіб виробництва, ніж виготовлення тих же матеріалів і продуктів з початкової сировини.

*Рециклінг* – процес повернення відходів, зливів та викидів у процес техногенезу. Можливі два варіанти рециклінгу (рециклізації) відходів: повторне використання відходів за тим же призначенням, наприклад скляних пляшок після їх відповідної безпечної обробки та маркування (етикетування); повернення відходів після відповідної обробки і виробничий цикл, наприклад бляшаних банок – у виробництво сталі, макулатури – у виробництво паперу чи картону.

Найоптимальнішим та найбезпечнішим способом поводження з ТПВ є рециклінг (тобто повторна переробка). Наскільки швидко на цю стежку стане Україна, нині спрогнозувати досить складно.

Основними факторами, які обумовлюють вибір методів перероблення ПВ, можуть бути:

– склад, властивості, кількість ПВ, методи їх збирання;

– місцеві умови – наявність місцевих підприємств, які можуть переробляти окремі компоненти ПВ;

– можливість використання корисних властивостей компонентів ПВ;

– капітальні та інші початкові витрати на впровадження та перероблення ПВ;

– експлуатаційні витрати на перероблення ПВ з урахуванням повернених сум вартості продуктів перероблення.

Під час оброблення ПВ рекомендується підготувати ПВ до подальшого використання чи поводження, шляхом брикетування, магнітної сепарації, дроблення і подрібнення тощо.

*Підприємство сортування та перероблення твердих побутових відходів* – комплекс споруд, обладнаний необхідною виробничою інфраструктурою (під'їзні колії, площадки маневрування, склади, внутрішня система вентиляції, пожежогасіння та інші комунікаційні системи) і укомплектований відповідним технологічним обладнанням, на території якого розташовано станцію сортування, а також цех перероблення твердих побутових відходів та їх компонентів.

*Сортування твердих побутових відходів* – механічне розподілення твердих побутових відходів за їх фізико-хімічними властивостями, технічними складовими, товарними показниками тощо з метою підготовки відходів до їх утилізації чи захоронення (табл. 5).

Таблиця 5 – Рекомендовані способи механізованого сортування ПВ:

| | |
|---|---|
| Чорний метал | Електромагнітна сепарація |
| Кольоровий метал | Вилучення за допомогою змінного магнітного поля; електродинамічна обробка |
| Папір | Пневматичний поділ фракцій за швидкістю витання у потоці повітря; гідропульпування та осадження тонковолокнистих фракцій |
| Текстиль | «Сухе» вилучення на циліндричних грохотах /вилкові установки/; сепарація з використанням збереження міцності /на відміну від паперу/ під час змочування та перетирання |
| Синтетична плівка | Пневматичний поділ за швидкістю витання у потоці повітря; сепарація з використанням збереження міцності під час змочування та перетирання; електростатична сепарація |
| Скло | Мокра сепарація у циклонах; сепарація у метальних пристроях з плитою відбиття за пружністю та балістичними властивостями |

Сортування доцільно здійснювати на сортувальних комплексах із подальшим переробленням.

*Лінія сортування твердих побутових відходів* – необхідний набір основного й допоміжного обладнання, розташованого у певній послідовності

відповідно до етапів технологічного процесу сортування, який дозволяє виділити із змішаних побутових відходів окремі компоненти, що підлягають подальшій реалізації або переробленню, і залишок з подальшим його захороненням.

Впровадження сортувальних комплексів доцільно здійснювати паралельно із впровадженням роздільного збирання, враховуючи необхідність підвищення якості та вартості прийняття на перероблення окремих компонентів ПВ.

*Роздільне збирання побутових відходів* – збирання побутових відходів за окремими компонентами, включаючи сортування побутових відходів, з метою подальшого перероблення та утилізації.

З 1 січня 2018 року в Україні заборонено захоронення непереоблених (необроблених) побутових відходів. Тобто всі відходи мають спершу сортувати за видами матеріалів та безпечністю компонентів для подальшої переробки, і лише залишок має направлятися на полігон.

Небезпечні відходи у складі ТПВ збираються окремо від інших видів побутових відходів з урахуванням вимог, а також мають відокремлюватися на етапі збирання чи сортування та передаватися спеціалізованим підприємствам, що одержали ліцензії на здійснення операцій в сфері поводження з небезпечними відходами.

Готові для повторного використання відходи перероблять відповідно до технологій підприємства. При цьому на звичайні сміттєзвалища не мають потрапляти відходи, які розкладаються біологічним шляхом (норма Директиви ЄС 1999/31/ЕС) [7].

Брикетування побутових відходів застосовують з метою забезпечення їх компактності за рахунок зменшення об’ємів побутових відходів, поліпшення умов транспортування та захоронення.

Брикет для захоронення твердих побутових відходів – спресований до щільності природних ґрунтів ($\geq$ 1000 кг/м$^3$) залишок ТПВ, отриманий після вилучення з їх складу небезпечних відходів та відходів як вторинної

сировини під час роздільного збирання побутових відходів або на об'єктах сортування побутових відходів.

Роздільна, або селективна, система збору окремих складових ТПВ забезпечує отримання чистих вторинних ресурсів від населення і зменшення кількості відходів, що вивозяться. Ця система, в свою чергу, вимагає від населення свідомого підходу до видалення ТПВ, збільшення числа обслуговуючого персоналу, тари, спецтранспорту для вивозу кожного виду вторинної сировини. В Україні, на відміну від європейських країн, США та Японії, селективний збір ТПВ поки не отримав практичного розвитку.

*Біологічне перероблення ТПВ* – перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів і здатна біологічно розкладатися, за умови контролювання процесу і використання мікроорганізмів.

Процес може протікати в аеробних (компостування) чи анаеробних умовах. При аеробному обробленні утворюється ґрунтоподібний матеріал (компост), при анаеробному – відбувається виділення біогазу.

*Зброджування (анаеробне розкладання)* проводиться в біореакторах-метантенках, які мають бути герметичними, з тепло-, гідроізоляцією, мати пристрої завантаження органічної речовини і вивантаження збродженої органічної речовини та відведення біогазу.

Анаеробним розкладанням органічного матеріалу з утворенням біогазу рекомендується вважати складний мікробіологічний процес мінералізації, в ході якого органічна речовина без доступу повітря трансформується в газоподібний метан ($CH_4$) та діоксид вуглецю ($CO_2$).

Цей процес умовно можна поділити на три основні стадії:

- гідроліз,
- утворення кислот (кислотогенна стадія),
- утворення метану (метаногенна стадія).

Продукти метаболізму кожної стадії є субстратом для наступної стадії.

Основними спорудами анаеробного розкладання доцільно вважати метантенки – ємнісні споруди, які називаються реакторами або резервуарами метантенків, для зброджування органічної речовини, в яких процеси інтенсифікуються підігрівом і перемішуванням завантаженого субстрату із зрілим збродженим субстратом.

Компостування може проводитись шляхом польового компостування (з природною аерацією) та у біобарабанах та камерах за умов контрольованого внутрішнього середовища, механічного перемішування та аерації (рис. 8).

Компостування доцільно здійснювати після попереднього сортування ПВ з вилученням металів, скла, полімерних матеріалів, каміння тощо.

*Компостування* – це складний біологічний процес, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла. Органічні речовини, що легко гниють, розкладаються з утворенням рухливих форм гумінових кислот, які добре засвоюються рослинами. У результаті компостування синтезується гумус, який є основним компонентом ґрунту. В основі отримання компосту лежить процес амоніфікації під впливом бактерій аеробів. У свою чергу амоніфікація є процесом розкладання органічних з'єднань ТПВ з виділенням аміаку. Тому при компостуванні ТПВ втрачають до 20 % (по вазі) органічних речовин. Розкладання органічної речовини ТПВ, що ініціюється мікрофлорою аероба, вимагає постійного притоку кисню і відведення газоподібних продуктів окислення, у тому числі вуглекислого газу. Накопичення вуглекислого газу, знижуючи окислювальний потенціал, може гальмувати процес. Тому в ТПВ повинне підтримуватися певне співвідношення вуглецю й азоту (C:N=25:30). В процесі компостування можна виділити дві основні фази: I – отримання біопалива; при цьому зниження вмісту органічної речовини складає 5–8 % ваги; II – отримання компосту, при якому зниження ваги органічної речовини складає 20 % ваги.

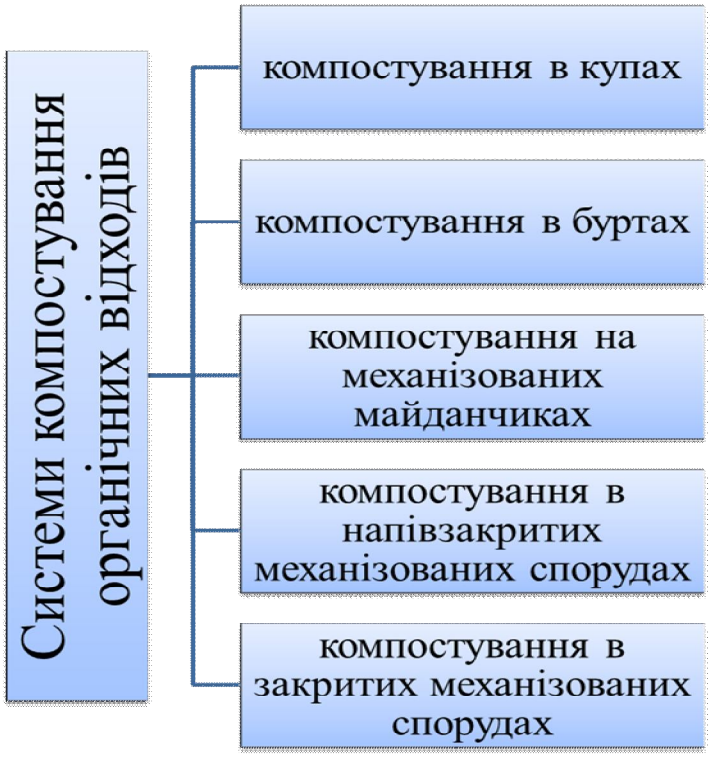


Рисунок 8 – Система компостування органічних відходів

Компостування ТПВ проводиться на майданчиках, розташованих поряд з полігонами. Найпростіша технологія компостування полягає у складуванні штабелями – розташуванні паралельними рядами з проїздом між ними 3 м. Ширина основи і висота варіюються залежно від кліматичних умов. Для запобігання виплоду мух, усунення запахів і зменшення теплообміну між штабелями і повітряним середовищем їх покривають шаром землі або торфу заввишки 15–20 см.

У штабелях весінньо–літньої закладки в результаті протікання аеробних процесів протягом перших 15–20 днів відбувається саморозігрівання штабеля до 60–70°С; потім протягом 2–4 місяців температура тримається на рівні 40–45°С, а надалі знижується до 30–35°С. Через 10 місяців "горіння" температура встановлюється на рівні 14–18°С і тримається до наступної весни.

Кожній з цих фаз властиві свої угруповання мікроорганізмів. У процесі початкового розкладання беруть участь *мезофільні мікроорганізми*, які

розкладають швидкорозчинні компоненти. Тепло, яке вони виробляють під час цього процесу, змушує компост сильно нагріватися.

На мезофільній стадії процесу компостування можна проводити вермикомпостування. Технологія вермикомпостування (від лат слова *vermis* – черв'як) базується на здатності червоного каліфорнійського гібриду (*Eisenia foetida andrei*) поглинати велику кількість органічної речовини, рослинних решток, а разом з ними і бактерій, грибів, водоростей, найпростіших.

Коли температура сягає 40 °С, мезофільні мікроорганізми припиняють свою діяльність і поступаються місцем *термофільним*, теплолюбним мікроорганізмам. При температурі 55 °С і вище більшість мікроорганізмів, які являють собою небезпеку для здоров'я людини і рослин (патогенних мікроорганізмів), гинуть.

Оскільки температура вище 65 °С вбиває більшість форм мікробів, згубна для патогенних мікроорганізмів і призупиняє процес розкладання, використовується аерація і перемішування, для того щоб утримувати температуру компосту нижче цієї межі. Так, збудники туберкульозу гинуть при температурі 55–60 °С за 5–60 хвилин, тифу – при цій же температурі за 5–30 хвилин, дизентерії – за 60 хвилин, холери – за 60–80 хвилин.

Протягом *термофільної фази*, високі температури прискорюють розкладання протеїнів, жирів і комплексних вуглецевих сполук, таких як целюлоза. Коли поставка цих компонентів (компонентів з високою енергією) припиняється, температура компосту падає, і мезофільні мікроорганізми відновлюють свою діяльність у фінальній фазі, *фазі визрівання органічної речовини*.

Тривалість компостування ТПВ у штабелях – від 12 до 18 місяців. При регулярному перелопачуванні і зволоженні штабелів термін може бути істотно зменшений.

У процесі компостування інтенсивно знижується вологість відходів. Для забезпечення активізації процесу разом з перелопачуванням і примусовою аерацією матеріал слід зволожувати.

Отриманий компост очищається від баластних фракцій: скла, каміння, металу з використанням установки для механізованого сортування.

Установка для механізованого сортування містить магнітний сепаратор, віброгуркіт і транспортери.

Іншим варіантом технології польового компостування є попереднє дроблення ТПВ перед укладанням в штабелі, здійснюване за допомогою дробарок. У цьому випадку вихід компосту збільшується, а кількість відходів знижується.

Для централізованого компостування ТПВ у валках вибирають рівну ділянку території, яка не затоплюється талими та дощовими водами, а максимальний рівень ґрунтових вод розміщується на глибині не менше 1 м від поверхні, на якій розміщуються відходи. При виборі ділянки необхідно виключити можливість надходження поверхневого стоку з прилеглих територій. При необхідності влаштовують спеціальні водовідвідні канави.

ТПВ викладають на ділянці штабелями, які у поперечному розрізі мають вигляд трапецій. Для районів з низькими температурами висота штабелів збільшується до 2,5 м. Штабелі насипаються паралельними радами довжиною 10–25 м, а між ними влаштовуються проїзди шириною 3 м. Для попередження розповсюдження запахів, розмноження мух та збереження тепла сформовані штабелі відходів вкривають шаром ґрунту чи торфу товщиною 15–20 см. Для забезпечення доступу повітря в товщу відходів в штабелях влаштовують вертикальні або горизонтальні канали, по яких в окремих випадках продувають повітря.

При влаштуванні ділянки для компостування необхідно передбачати санітарно-захисну зону в 300 м від житлових будівель, стадіонів, парків, підприємств культурно-побутового призначення та харчових підприємств. При необхідності величина санітарно-захисної зони може бути збільшена до 500 м.

Після влаштування штабелів через 3–5 діб в результаті життєдіяльності бактерій, які харчуються органічними залишками, і виділенням тепла

температура компостної маси зростає до 60–70 °С і підтримується на такому рівні 15–20 діб. Далі температура знижується до 40–45 °С і підтримується на такому рівні ще протягом 60-120 діб. В подальшому температура падає до 30–35 °С і може зберігатися на такому рівні протягом 10 місяців, знижуючись в кінці процесу компостування до 14–18 °С. Загальна тривалість процесу компостування сягає близько 1,5 року.

Для попередження виносу шматків паперу, картону та пластиків на прилеглі території, поля компостування відділяють від сільськогосподарських угідь двома вітрозахисними лісополосами. Основними лімітуючими факторами компостування є чисельність мікробної популяції та умови в навколишньому середовищі. Загальний термін компостування може бути суттєво знижений шляхом подрібнення ТПВ, попереднього їх розділення на фракцію, що піддається компостуванню та баласт, перелопачування та зволоження або додаванням сирого каналізаційного осаду. В окремих випадках до компосту додають азотовмісні речовини. Значно прискорити процес компостування дозволяє зрошування відходів спеціально вирощеними штамами мікроорганізмів.

Тунельний метод компостування передбачає розміщення відходів у камері тунельного типу, куди вентиляторами подається повітря. В окремих випадках для підвищення швидкості компостування повітря попередньо нагрівають до відповідної температури. Сьогодні розроблені та використовуються камери для компостування у вигляді циліндрів, що обертаються, статичні камери з пристроями завантаження та розвантаження, напірні камери та камери з вакуумною аерацією. З одного боку, тунельне компостування дозволяє прискорити процес компостування, спростити керування його інтенсивністю та якістю компосту, а з іншого – потребує спеціальних споруд та значних енерговитрат.

Сьогодні цей метод під назвою біотермічного компостування набув найбільшого поширення. Більшість сміттєпереробних заводів цієї галузі, особливо на території країн СНД, застосовують саме такий метод.

Застосовується біотермічне компостування у Франції, Італії, Німеччині та інших країнах. Однак у зв'язку із зниженням вмісту харчових відходів та збільшенням вмісту баластних фракцій у ТПВ, останнім часом в цій галузі спостерігаються деякі труднощі. Сучасний склад ТПВ вимагає як попереднього відбору цінних фракцій до компостування, так і відбору баластних фракцій після компостування відходів, що суттєво ускладнює технологію та підвищує витрати на утилізацію відходів. Однією з умов успішного використання біотермічного компостування для утилізації ТПВ є наявність постійних споживачів компосту. Найчастіше компост застосовують для озеленення у містах або в якості біопалива для парників.

Досконаліша технологія польового компостування здійснюється на спеціальних секційних майданчиках із водонепроникною основою (бетонні плити), обладнаних грейферним краном, що здійснює створення і перелопачування штабелів. На майданчиках є дробильно–сортувальне відділення, обладнане приймальним бункером з пластинчатим живильником, магнітним сепаратором для відбору металолому, системою стрічкових транспортерів, циліндровим гуркотом, дробаркою для компосту. Для аерації ТПВ в штабелях прокладають перфоровані повітроводи, сполучені з вентилятором. Майданчики містять також систему поливу і пожежогасіння. Для ліквідації великого відсіву баластних фракцій майданчики можуть містити сміттєспалювальні або піролізні установки невеликої продуктивності; при їх відсутності баласт вивозиться на полігон. Для невеликих міст (до 200 тис. жителів) такі майданчики компостування є реальною альтернативою полігонам ТПВ.

Для успішного перебігу процесу компостування необхідне дотримання наступних умов: вологість ТПВ повинна бути не менше 50–60 % ваги; вміст харчових відходів – не менше 25–30 % ваги; відношення C:N в ТПВ – 25:30.

За кордоном є немалий досвід із переробки ТПВ у компости. Доведено позитивний вплив багаторічного внесення компостів із ТПВ на властивості ґрунту, на накопичення органічних речовин і водостійких структурних

агрегатів, на поліпшення інших агрохімічних і біологічних властивостей. Застосовуються компости і в якості добрива з метою покращення мінерального живлення рослин для прискорення росту сільськогосподарських культур та декоративних деревних порід. Недоліками компостування органічної складової ТПВ є значний проміжок часу, який потрібний для отримання компосту з відходів (від кількох місяців до року), трудоємкість і багатоопераційність процесу, наявність виробничих площ для розміщення компостних штабелів та забруднення середовища. У населених пунктах України на промисловому рівні не впроваджене компостування органічних побутових відходів. Компостуванням займаються самостійно жителі на території приватних будинків.

## ТЕМА 10 ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБЛЕННЯ

Найбільш складний і «високотехнологічний» варіант поводження з відходами – це *сміттєспалювання*. Важливими перевагами сучасних методів такої переробки є: ефективне знешкодження відходів, зниження обсягу відходів до 10 разів, використання енергетичного потенціалу органічних відходів.

До термічних методів перероблення ТПВ належать:

- спалювання,
- газифікація,
- піроліз

*Спалюванням* називається одностадійний термічний процес окислення з метою зменшення обсягу відходів (твердих, рідких і пастоподібних), вилучення з них цінних матеріалів, золи або отримання енергії.

Для виникнення і розвитку процесу горіння необхідні: пальне, окислювач і джерело підпалювання. При відсутності будь-якої з цих умов горіння припиняється.

При горінні в основному утворюються діоксид вуглецю, вода і зола.

Технологічний процес спалювання відходів в установці будь-якого типу включає:

- приймання відходів
- завантаження відходів у піч на колосникову решітку
- спалювання відходів
- збирання та утилізація золи і шлаку
- охолодження, очищення та викид в атмосферу продуктів спалювання.

До складу заводів включають парові турбіни та електрогенератори.

Основним методом перероблення змішаних ТПВ є пряме одностадійне їх спалювання на металевих колосникових (валкових чи перештовхуючих) решітках – найпростіший з термічних методів.

Спалювання ТПВ допускається тільки у спеціально обладнаних сміттєспалювальних печах, де температура спалювання становить не менше 1000 – 1300 °С. Вологість ТПВ має бути не більше 40–45 %.

При низькотемпературному спалюванні ТПВ (<1000 °С) збільшується імовірність утворення високотоксичних газів та залишається велика кількість (до 30 % за масою) неспалюваного токсичного золошлакового залишку.

Для економії палива та ефективної роботи печей доцільно експлуатувати їх цілодобово.

При спалюванні молекули органічних сполук руйнуються, а неорганічні сполуки перетворюються в оксиди і карбонати, які виводяться разом зі шлаками і золою.

Спалювання проводять в печах різної конструкції, основним елементом яких є решітка, на якій власне і протікає процес. Простір усередині печі розділений на кілька зон, де послідовно протікають процеси, в результаті яких відбувається спалювання відходів.

Процес спалювання складається з п'яти стадій, які, як правило, протікають послідовно, але можуть проходити і одночасно. Це – сушка, газифікація, займання, горіння і допалювання.

У зоні горіння підвищується температура відходів. Для повного їх згорання і охолодження колосників в цій зоні необхідне підведення достатньої кількості повітря, причому необхідно, щоб відходи довго перебували в зоні високих температур.

Установки для спалювання відходів можуть бути систематизовані:

– по продуктивності,

– по конструкції решітки,

– за характером використання продуктів згоряння,

– за типом застосовуваного палива,

– по виду спалюваних відходів.

За агрегатною потужністю можна виділити установки:

– локальні стаціонарні або пересувні, мобільні (розміщені в тому числі на автотранспорті або на залізничній платформі) установки малої потужності (10–500 кг / год);

– установки середньої потужності, в тому числі транспортабельні (тобто здатні до перебазування на новий майданчик) з агрегатним навантаженням 500–2000 кг / год;

– централізовані, регіональні установки – станції великої агрегатної потужності (2000–10000 кг / год).

Заводи, що використовують колосникові грати відрізняються великою різноманітністю конструкцій термоагрегата і трактів подачі ТПВ на спалювання і видалення продуктів термооброблення. У загальному випадку процес можна описати таким чином: з бункера-накопичувача відходи подаються в завантажувальні воронки, а потім в топки котлоагрегатів, де вони спалюються на спеціальній колосниковій решітці при температурі 700–1000 °С із використанням або без використання додаткового палива, яким найчастіше слугує природний газ.

Колосникова решітка складається з обертових валків, або пластин, що перештовхуються.

Конструкція колосникових грат грає дуже важливу роль, оскільки вона повинна забезпечувати:

– транспортування палива до потоку;

– рівномірне горіння і максимальне використання всієї поверхні решітки;

– підведення повітря для горіння;

– підтримку і переміщення палаючих відходів.

Решітки для спалювання розрізняются за способом переміщення відходів:

– з нерухомим шаром (нерухомі);

– з шаром, який постійно рухається (ланцюгові);

– з переривчастим переміщенням шару

Спалювання ТПВ дозволяється тільки на енергетичні цілі, з одержанням теплової та електричної енергії.

Забороняється спалювання ТПВ без попереднього сортування на фракції. При сортуванні із ТПВ намагаються видалити великі об'єкти, метали (як магнітні, так і немагнітні) і додатково їх подрібнити. Для того щоб зменшити шкідливі викиди з відходів, також витягають батарейки, акумулятори, пластик. Спалювання нерозділеного потоку відходів вважається надзвичайно небезпечним. Таким чином, сміттєспалювання може бути тільки одним з компонентів комлексної програми утилізації.

Як правило, сучасні сміттєспалювальні заводи містять наступні системи газоочищення:

– зв’язування хлоро- та сірковмісних сполук за допомогою вапна безпосередньо в печах;

– відділення крупної фракції пилу з димового потоку за рахунок спеціальної конструкції котлів-утилізаторів;

– очищення димових газів від пилу середнього розміру в циклонах;

– очищення відходящих газів від кислих сполук в напівсухому адсорбері;

– поглинання активованим вугіллям різних забруднювачів, в тому числі діоксинів та фуранів;

– тонке очищення газів за допомогою рукавних фільтрів;

– доспалювання димових газів при температурі 850 $^{o}$C

Незважаючи на всі відомі недоліки прямого спалювання ТПВ, воно досить широко використовується для їх знешкодження. З одного боку сміттєспалювання дозволяє майже у 3 рази зменшити об'єм ТПВ, того ж отримати додаткову енергію, знищити неприємні запахи, попередити розмноження бактерій та вірусів. З іншого – спалювання ТПВ супроводжується викидами у довкілля надзвичайно небезпечних речовин. Але ще 20 років тому такий метод вважався чи не найперспективнішим методом утилізації ТПВ.

Добре відомо, що перший ССЗ (сміттєспалюваний завод) було побудовано в Англії ще у 1874 році, але відходи почали спалювати чи не відразу ж після опанування вогню. У подальшому спостерігається інтенсивне поширення ССЗ по території всіх розвинутих країн. Так, до початку XX ст. у США 15 % міст вже спалювали свої ТПВ. Основними факторами, які зумовили швидке впровадження спалювання на значній території, була простота технології та обладнання, можливість зменшення об'єму відходів на 60–70 % та отримання «дармової» енергі при відповідному ускладненні обладнання.

Досить перспективним свого часу вважався перехід від спалювання ТПВ до спалювання ТПВ з отриманням гарячої води чи пари. За рахунок використання побутових відходів в якості палива французька служба прибирання міст, наприклад, компенсувала майже 70 % всіх затрат, у британському Едмонтоні спалювання ТПВ щорічно заощаджувало близько 100 000 т вугілля, а загальна потужність енергоустановок такого типу до кінця 80-х років минулого століття сягала 1200 Вт.

Кількість ССЗ які одночасно продукували пару чи виробляли електроенергію, почали швидко зростати. Якщо у 1992 р. таких заводів нараховувалося близько 400 то до 1996 р. їх кількість зросла до 2400. Інтенсивний розвиток прямого сміттєспалювання відбувався до тих пір, доки людство не замислилось над питанням, у що трансформуються у вогні ТПВ і як в подальшому нові речовини впливатимуть на довкілля та людину. До того часу окремі країни з досить обмеженою територією більше половини відходів піддавали спалюванню. Наведені дані відносяться до початку 90-х років і у зв'язку із негативним ставленням до сміттєспалювання сьогодні ситуація у багатьох країнах суттєво змінилася.

Розроблені нові вимоги до викидів у атмосферу забруднюючих речовин з ССЗ, котрі включають нові сполуки та роблять більш жорсткими вимоги щодо викидів відомих речовин. У результаті витрати ССЗ на газоочищення складають біля 50 % загальних капітальних витрат. Однак, навіть найсучасніші газоочисні установки не здатні запобігти забрудненню довкілля діоксинами та фуранами. У багатьох штатах Америки та у Канаді будівництво сміттєспалювальних заводів сьогодні взагалі заборонено. Більшість країн Західної Європи також гальмують або взагалі забороняють будівництво нових ССЗ. Індустрія сміттєспалювання сьогодні розвивається, переважно, у Східній Європі та Південній Азії.

Разом з тим, характеристики ТПВ та процеси їх утворення не дозволяють однозначно відкидати термічні методи як нераціональний та небезпечний шлях їх утилізації. Більше того, фахівці галузі поводження з ТПВ вважають термічні методи ефективною та невід'ємною ланкою у комплексній системі забезпечення санітарного благополуччя населення. При цьому чи не вирішальним фактором виступає можливість використання ТПВ в якості альтернативного джерела енергії, оскільки вони відповідають трьом обов'язковим вимогам:

1. Широка розповсюдженість та доступність для масового використання. Сьогодні об'єми утворення ТПВ щорічно зростають, сягаючи астрономічних

цифр, спричиняючи гострі екологічні та санітарно-гігієнічні проблеми. І, як уже говорилось, тенденції до зменшення об'ємів ТПВ у найближчому майбутньому не спостерігається. Тому, незалежно від використання ТПВ, необхідність їх знешкодження не зникає. Відповідно, найбільш раціональними є методи які дозволяють проводити утилізацію з одночасним отриманням енергії та корисних вторинних ресурсів. Якщо зважити на те, що ТПВ є відновлювальним ресурсом, котрий доступний для використання без руйнування земних надр, то доцільність їх використання в якості альтернативного джерела енергії при застосуванні прогресивних технологічних процесів рано чи пізно стане економічно вигідним навіть у порівнянні з природними джерелами енергії;

2. Достатня хімічна активність палива для забезпечення необхідної інтенсивності горіння у середовищі кисню. З цієї точки зору властивості ТПВ мало відрізняються від властивостей природних енергоносіїв;

3. Значна теплотворна здатність палива. Якщо порівнювати елементарний склад та теплотворну здатність ТПВ з аналогічними характеристиками інших поширених теплоносіїв, то варто зауважити, що вони не є найнижчими і цілком можуть слугувати джерелом енергії. Приклад багатьох європейських міст підтверджує можливість використання ТПВ в якості джерела енергії при відповідному підході до збереження довкілля.

Будівництво Київського сміттєспалювального заводу «Енергія» розпочато в 1983. У грудні 1987 після закінчення пусконалагоджувальних робіт було розпочато роботи з розпалювання котлоагрегатів дровами з подальшим переведенням котлоагрегатів на спалювання твердих побутових відходів. Максимальна проектна потужність заводу становить 350,0 тис т на рік за умови спалювання відходів з калорійністю 2400,0 ккал/кг. При спалюванні відходів з калорійністю 1100,0 ккал/кг (фактично наявна на цей час в м. Києві) потужність заводу знижується до 175,0 тис т на рік. У головному корпусі заводу встановлено 4 сміттєспалювальних котлоагрегати з циліндричними валковими решітками продуктивністю 8–15 т/год. Проектом

передбачено можливість використання природного газу для стабілізації технологічного процесу. Серед газоочисного обладнання на заводі встановлено лише електрофільтри для видалення з димових газів зольного попелу із ефективністю 98,99 %, що на сьогоднішній день явно недостатньо, після чого через димову трубу висотою 120 м вони викидаються у повітря. У викидних газах контролюється вміст шкідливих газів. Температура спалювання відходів коливається в межах 700–900 °С. Максимально можлива температура у топковому просторі – 1200 °С і обмежується виробником котлоагрегатів. Оскільки на території України відсутні лабораторії, здатні проводити аналіз вмісту діоксинів у вихідних газах, то ніякого контролю щодо цього показника на заводі не ведеться. Те ж відноситься і до шлаків, які сьогодні захоронюються на полігонах ТПВ, а у майбутньому планується їх використання в якості вторинної сировини для різних галузей промисловості. Із золошлакової суміші методом сепарації відділяється металобрухт, котрий пакетується та передається на подальшу переробку. Надлишкова частина теплової енергії рекуперується та використовується для власних потреб і передається іншим споживачам.

У 1989 р. була прийнята офіційна директива ЄС, яка регламентує умови будівництва та експлуатації ССЗ у країнах співтовариства. Найбільш важливі вимоги директиви наведені нижче:

1. Відходи повинні сепаруватися, з них мають бути видалені метали. Негорючого залишку повинно бути не більше 6 % від всієї маси відходів. Склад спалюваних відходів повинен реєструватися безперервно.

2. Печей на ССЗ повинно бути не менше двох, щоб процес був неперервним. Ця вимога (дублювання) відноситься і до всіх інших систем процесу.

3. Згідно з нормативами Європейського Союзу, геометрія гарячої зони повинна забезпечити перебування газів у зоні з температурою не нижче 850 °С протягом не менше 2 с. («правило 2 секунд») при концентрації кисню не менше 6 %.

Чи не найважливіше серед них так зване «правило 2 секунд». Виконання такої умови дозволяє уникнути утворення діоксинів, однак створює суттєве протиріччя. Достатній рівень кисню може бути забезпечений продуванням у топку повітря, що спричиняє автоматичне зниження температури та сприяє утворенню шкідливих сполук. З метою збільшення ефективності ССЗ більшість з них обладнують системами відбору тепла для отримання пари чи електроенергії. Саме у теплообмінниках таких систем, де починається охолодження газів, спостерігається найбільш інтенсивне утворення діоксинів.

Важливим вузлом ССЗ є обладнання для очищення газових викидів. При будівництві ССЗ вартість очисних споруд складає не менше 50 % від загальної вартості заводу. Лише у цьому випадку можна стверджувати про можливість доведення вмісту шкідливих речовин у викидних газах до існуючих норм. У протилежному випадку навіть теоретично це неможливо. Типова схема очисних споруд ССЗ включає кілька етапів очищення.

На першому етапі за допомогою електростатичних фільтрів з потоку газів видаляють частки золи – виносу. Частина газів повертається у топку, решта потрапляє у розпилювач очищених стічних вод для подальших етапів очищення газів, де присутні у них солі кристалізуються та можуть бути відділені від загального потоку. Для підвищення ефективності видалення часток солей, що кристалізувалися на попередньому етапі, отримані гази пропускають через додатковий блок електростатичних фільтрів.

На наступному етапі викидні гази піддають кислому та лужному промиванню у скруберах і подають на теплообмінник для відбору надлишкової енергії. Стічні води від скруберів у реакторі нейтралізують вапном, обробляють коагулянтом у вигляді хлориду заліза (III) та сульфідом натрію для ефективного зв'язування важких металів. Відділений шлам відправляють на подальшу обробку чи захоронения, а очищені води випаровують з метою видалення солей в описаному вище обладнанні.

Після теплообмінника викидні гази в реакторі обробляють активованим вугіллям для доочищення від шкідливих складових – діоксинів, оксидів азоту та ін. Частки вугілля, що виносяться з потоком газу за межі реактора, осідають на пилових фільтрах.

На останньому етапі викидні гази нагрівають шляхом спалювання природного газу, обробляють аміаком та пропускають через каталізатор для допалювання оксидів азоту та діоксинів. Очищений газ продувають через регенеративний теплообмінник та викидають у атмосферу.

Застосування навіть такої складної та затратної схеми очищення відхідних газів не завжди забезпечує дотримання європейських норм на викиди шкідливих сполук, вміст яких сьогодні не повинен перевищувати по діоксинах 0,1 мг/м$^3$. Причиною цього є той факт, що навіть кращі вугільні фільтри не дозволяють знизити вміст діоксинів до необхідної норми, а гарячі електростатичні фільтри самі є генераторами діоксинів.

Декілька слів про метод пошарового спалювання ТПВ у топках з киплячим шаром. Метод було запропоновано в Японії на початку 80-х років минулого століття і сьогодні більше 25 % ССЗ Японії використовують саме такий метод спалювання ТПВ. Сутність спалювання відходів у киплячому шарі полягає в тому, що через шар шихти (відходів) продувається висхідний потік повітря або збагаченого киснем дуття з такою швидкістю, при якій всі частинки вихідного матеріалу приходять в неперервний рух, подібний кипінню рідини, що і стало підставою для назви процесу. Необхідно зауважити, що перш, ніж відходи подаються в піч киплячого шару, вони повинні пройти попереднє сортування і дроблення.

Механізм утворення киплячого шару зводиться до наступного. Якщо через шар сипкого матеріалу (подрібнених відходів) продувати знизу газ, шар спочатку буде розпушуватися, а при певній швидкості подачі дуття набуває основні властивості рідини — рухливість, плинність, здатність приймати форму та обсяг посудини. Такий стан сипучого матеріалу називається псевдорідинним або псевдозрідженим.

За рахунок постійного руху часток у киплячому шарі шматки ТПВ ще більше подрібнюються, а за рахунок доброї теплопровідності піску – швидко згорають.

З кожним роком відношення до ССЗ кардинально змінюється. На початку 90-х років в Японії їх нараховувалось біля 1900, США – 168, Німеччині та Нідерландах – 12, а самі заводи вважались мало не панацеєю вирішення проблеми ТПВ. Зважаючи на гострий негативний вплив на довкілля в більшості країн відношення до ССЗ негативне. Варто також зауважити, що видалення, наприклад, діоксинів із димових газів не вирішує проблему, оскільки вони не руйнуються, а лише переводяться у більш зручну для зберігання форму – абсорбовані на твердих частках чи активованому вугіллі. Якщо зважити на те, що у звичайних умовах період напіврозпаду діоксинів сягає 200 років, то вирішення екологічної проблеми ТПВ термічними методами породжує іншу, ще більш гостру екологічну проблему. Така ситуація сприяла інтенсивному пошуку більш безпечних методів термічної обробки ТПВ.

Процес піролізу сьогодні досить часто привертає увагу фахівців у галузі поводження з ТПВ, оскільки дозволяє уникнути багатьох негативних наслідків шарового спалювання.

*Піроліз* – від «піро» – вогонь, і «лізис» – розчинення; означає «розчинення вогнем» – хімічна реакція, під час якої органічні сполуки розпадаються. *Сухий піроліз* – процес термічного розкладання без доступу кисню. В результаті утворюється піролізний газ з високою теплотою згоряння, рідкий продукт і твердий вуглецевий залишок, а саме:

- горючий газ (піролізний синтез-газ) – 30–40 %;
- твердий залишок (пірокарбон) – 30–40 %;
- смола 20–30 %;
- підсмольна вода.

Залежно від температури, при якій протікає піроліз, розрізняють:

1. *Низькотемпературний піроліз* чи напівкоксування (450 – 550 °С). Для даного виду піролізу характерний максимальний вихід рідких і твердих (напівкокс) залишків і мінімальний вихід піролізного газу з максимальною теплотою згоряння. Метод підходить для отримання первинної смоли – цінного рідкого палива, і для переробки некондиційного каучуку в мономери, є сировиною для вторинного створення каучуку. Напівкокс можна використовувати в якості енергетичного та побутового палива.

2. *Середньотемпературний піроліз* або середньотемпературне коксування (до 800 °С) дає вихід великої кількості газу з меншою теплотою згоряння і меншої кількості рідкого залишку і коксу.

3. *Високотемпературний піроліз* або коксування (900 – 1050 °С). Тут спостерігається мінімальний вихід рідких і твердих продуктів і максимальне вироблення газу з мінімальною теплотою згоряння – високоякісного пального, придатного для далеких транспортувань. В результаті зменшується кількість смоли і вміст у ній цінних легких фракцій. В свою чергу високотемпературний піроліз поділяють на піроліз із твердим (до 1100 °С) та рідким (вище 1400 °С) шлаковидаленням. Інтервал температур 1100–1400 °С вважається непридатним для піролізу, оскільки в цьому діапазоні спостерігається розм'якшення та плавлення шлаків, що призводить до поломок існуючих систем шлаковидалення.

Сьогодні досліджені та розроблені піролізні установки з прямоточною та протиточною схемою процесу, шахтного та барабанного конструктивного оформлення, повітряного, кисневого та парового дуття, з додатковим використанням електропечей та плазмових пристроїв, зовнішнього та внутрішнього обігріву та ін. Взагалі відомо більше 50 різноманітних систем піролізу.

Основними компонентами піролізного газу є водень, оксид вуглецю та метан. В залежності від складу ТПВ та умов піролізу, співвідношення між основними компонентами газової фази може суттєво змінюватись, а теплота згорання коливатися в межах 6680–10450 кДж/м$^3$. Перевагою піролізного

газу, порівняно із природним, є відсутність у його складі сполук сірки та азоту. У випадку високотемпературного піролізу газова фаза може складати до 70 % від маси сухої речовини ТПВ.

Рідка фаза, що конденсується із піролізного газу, містить 20–80 % води, дьоготь, нерозчинні оливи, оцтову кислоту, метанол та інші органічні речовини. Теплотворна здатність такої суміші коливається в межах 2330–4660 кДж/дм$^3$, чим викликає зацікавленість дослідників, як рідке паливо. Рідку фазу піролізу часто називають оливами, смолами, піро- чи біопаливом, оскільки вона являє собою густу смолянисту рідину, вихід якої залежно від вихідної сировини та умов піролізу може сягати до 80 %. Рідка фаза може використовуватись в якості сировини для отримання дизельного палива, бензину, розчинників, олив, а може безпосередньо використовуватись в якості котельного палива.

Твердий продукт піролізу являє собою суміш залишків вуглецю та мінеральної частини відходів, котрий ще носить назву пірокарбону і вихід якого може сягати 30–35 % від сухої маси ТПВ. Його теплотворна здатність коливається в межах 25630–27960 кДж/кг беззольної речовини. При обробці в присутності окислювача вуглець газифікується з утворенням газоподібного палива, а тверда фаза перетворюється в шлак, що містить лише мінеральні речовини. Необроблений твердий продукт піролізу або, як його ще називають, напівкокс, може використовуватись в якості замінника вуглецьмістких природних та синтетичних матеріалів – як паливо для камінів та грилів в побуті чи матеріал для технологічних потреб різних галузей промисловості. Шлак найчастіше рекомендується використовувати в будівництві та промисловості будівельних матеріалів для отримання різноманітних матеріалів.

Сьогодні високотемпературний піроліз в сукупності із попереднім сортуванням вважається найбільш перспективним методом знешкодження ТПВ як з екологічної, так і з економічної точок зору. Всі продукти цього процесу, знаходять широке використання в народному господарстві. Якщо

зважити на те, що при спалювання 1 т ТПВ отримується тепло, еквівалентне спалюванню 250 кг мазуту, то навіть без врахування затрат на добування теплоносіїв та рекультивацію довкілля економічний зиск буде досить значний. Це, в свою чергу, сприяє створенню маловідходних і безвідходних технологій і раціонального використання природних ресурсів.

В основі технологічного процесу *газифікації* лежить здатність органічної частини твердого палива переходити при певних умовах з твердого стану в газоподібний.

*Процес газифікації* за принципом організації досить нагадує процес піролізу, особливо піролізу із внутрішнім обігрівом. Та й продуктами газифікації є аналогічні речовини – горючі гази, оливи із смолами та шлаки. газифікація – термічний процес, який передбачає продування через шар відходів нагрітого газифікуючого агента – повітря, кисню, водяної пари, двоокису вуглецю або їх суміші в різних співвідношеннях. В результаті термохімічної взаємодії органічної складової ТПВ із газифікуючим агентом і утворюються основні продукти газифікації – газ, олива та шлак.

Процес газифікації відноситься до двостадійних процесів утилізації ТПВ. На першій стадії через газифікатор, завантажений відходами, продувають газифікуючий агент з температурою 60–80 °С. В результаті взаємодії газифікуючого агента із органічними складовими ТПВ температура в центральній частині газифікатора зростає до 1200 °С, в результаті чого відходи розкладаються на газ (синтез-газ), що містить водень (26–42 %), окис (25–42 %) та двоокис (10–35 %) вуглецю, азот (2–5 %), метан (1 %), водяну пару, різноманітні вуглеводні та аерозолі піролізних смол і шлак та золу, що містить мінеральну негорючу складову ТПВ. Оскільки утворена газова фаза проходить через шар неутилізованих ТПВ, то його температура на виході з газифікатора знижується до 100–150 °С.

Шлак і зола в кількості 8–15 % від початкової кількості відходів, які утворюються в процесі газифікації, під дією сил тяжіння опускаються в нижню частину газифікатора, де виводяться за межі апарату і можуть бути

використані в якості сировини при спорудженні доріг, оскільки практично не містять недопалу та токсичних сполук в значних концентраціях.

На другій стадії отриманий газ спалюють з метою отримання теплової чи електричної енергії. В окремих випадках газ пропускають через конденсатор та транспортують в місця його споживання. В цьому випадку із газу при наступному охолодженні може конденсуватись незначна кількість рідкої фази, яка є сумішшю води та різноманітних олив і смол. Теплотворність горючого газу, який утворюється в результаті газифікації ТПВ, в середньому сягає 25 % теплотворності природного газу і суттєво залежить від типу газифікуючого агенту. При використанні повітряного чи пароповітряного дуття теплота спалювання газу сягає 3,5–6,0 МДж/м$^3$, а при використанні парокисневого дуття – зростає до 16 МДж/м$^3$.

Виходячи із умов процесу газифікації, цей метод придатний для переробки відходів лише у вигляді окремих шматків різних розмірів, для проникнення газифікуючого агента. З іншого боку, максимальний розмір шматків відходів з метою стабілізації процесу газифікації обмежують величиною у 200–250 мм. В окремих випадках для стабілізації процесу в газифікатор додатково у відповідному співвідношенні до ТПВ додають інертний матеріал типу шлаку з розміром шматків 70–120 мм.

*Плазмовий метод* знешкодження, зважаючи на його високу енергоємність (500–700 кВт-год/т ТПВ) та складність, найчастіше пропонується застосовувати для знешкодження токсичних відходів, коли інші сучасні методи не можуть бути використані, переважно з екологічних причин. Вперше цей метод почали застосовувати ще в кінці XIX ст. в якості джерела екстремально високих температур. Однак, останнім часом, зважаючи на негативне відношення до прямого спалювання з боку населення та громадських організацій, фахівці в галузі знешкодження ТПВ все частіше звертають свою увагу на цей метод. Плазмотермічна технологія базується на використанні плазмотрону для формування за рахунок електричної дуги зони високої температури. При цьому в прилеглій до електричної дуги зоні

температура може сягати 4000 °С і вище, а в самій плазмі – 17000 °С. При таких високих температурах практично всі речовини, включаючи шкідливі та токсичні, розкладаються до іонів та радикалів. Ступінь розкладання відходів в зоні існування плазми 99,9 %. Оскільки повітря в реактор не вдувається, то утворення $NO_2$ знижується до мінімуму, а хлор-, фтор- та сіркомісткі забруднювачі переходять в більш активні форми, ніж при шаровому спалюванні і видаляються з реактора у вигляді сорбованих на твердій фазі сполук.

В результаті застосування плазмотермічної технології відходи трансформуються у два основні продукти – синтез-газ та шлак. Синтез-газ являє собою суміш газів, основними з яких є окис вуглецю та водень. Тому синтез-газ найчастіше використовують в якості енергоносія або сировини для органічного синтезу. Шлак, який містить переважно метали та силікати, являє собою інертний екологічно безпечний матеріал, придатний для використання в якості матеріалу для будівництва чи в якості абразиву. При розміщенні шлаку в довкіллі забруднення прилеглих територій та ґрунтових вод шкідливими речовинами не спостерігається. Технологічна схема передбачає накопичення ТПВ у спеціальному бункері, куди вони звозяться сміттєвозами із визначеної території. Далі грейфером відходи завантажуються у спеціальний пристрій, за допомогою якого переміщуються в реактор. Під дією сил тяжіння шматки відходів опускаються в робочу зону реактора. В реакторі, що за конструкцією являє собою шахтну піч, вмонтовано плазмотрон для генерування високих температур, під дією яких органічна складова ТПВ розкладається до атомів і переходить в газову фазу. В робочій зоні реактора температура сягає 1600 °С і більше. З реактора синтез-газ перекачується в блок очищення газів, де охолоджується до 30 °С, фільтрується та нейтралізується. На останній стадії газ ще раз фільтрується, з нього видаляють оксиди азоту і він перетворюється на паливо, придатне для отримання тепла чи електроенергії. Калорійність синтез-газу, отриманого із відходів плазмо-термічним методом, сягає 10–13 МДж/м$^3$. Інша частина ТПВ,

що не піддається розкладанню, під дією високих температур плавиться, періодично виводиться за межі реактора і, у вигляді скловидної речовини, може використовуватись при облаштуванні доріг або для інших будівельних робіт.

Екологічну та економічну ефективність і надійність процесу знешкодження відходів визначають *еколого-енерготехнологічні параметри*:

а) Температурний режим процесу. За цим параметром термічні процеси і реактори можна поділити на низькотемпературні (температура газів, що відходять $t_{ог}$ = 400–600 ° С); середньотемпературні ($t_{ог}$ = 600–1000°С); високотемпературні ($t_{ог} \geq$ 1000–2000 ° С і вище).

б) Час перебування (без урахування камери допалювання) токсичних компонентів в робочій зоні термічного реактора $t_{преб}$. За часом перебування термічні реактори можна розділити на наступні групи:

1) $t_{преб} < 0,1$ с

2) $t_{преб} = 0,1–0,5$ с;

3) $t_{преб} = 0,5–2$ с ;

4) $t_{преб} > 2$ с .

в) Інтенсивність перемішування компонентів в робочій зоні термічного реактора. Розрізняють два гідродинамічних режими: ламінарний і турбулентний.

г) Тип окислювача. В якості окислювача може застосовуватись:

1) повітря;

2) технічний кисень;

3) збагачене киснем повітряне дуття;

4) водяна пара;

5) двоокис вуглецю.

д) Склад газової атмосфери в термічному реакторі. Розрізняють три режими:

1) окислювальна атмосфера (коефіцієнт витрати окислювача $\alpha > 1$);

2) відновна атмосфера ($\alpha < 1$);

3) змінна по зонам реактора атмосфера (наприклад, відновлювально-окислювальна).

е) Принцип теплогенерації (тип зовнішнього, додаткового джерела енергії). На практиці використовується:

1) органічне паливо (газоподібне, рідке або тверде, а також горючі відходи);

2) електроенергія (індукційне, електродугове або плазмове джерело);

3) комбіноване джерело.

ж) Режим шлаковидалення. На практиці використовуються режими:

1) з рідким шлаковидаленням;

2) з твердим шлаковидаленням.

Існує також кілька груп відходів, спалювання для яких застосовувати необхідно. Це відходи, які можуть бути інфікованими: медичні – перев'язувальний матеріал, шприци, спецодяг, медичні інструменти, органічні післяопераційні відходи; біоорганічні – відходи служб судово-медичної експертизи, трупи тварин; відходи харчоблоків. Вони повинні піддаватись негайному термічному знешкодженню.

Прикладом того, що поняття «спалювання відходів» і «екологічна безпека» не є несумісними, може служити сміттєспалювальний завод Шпіттелау, відкритий в Відні прямо в межах міста (рис. 9).

Автором зовнішнього вигляду підприємства став відомий архітектор Фріденсрайх Хундертвассер. Він не відразу погодився працювати над проектом. Як поборник екології, Хундертвассер вважав, що відходи необхідно не спалювати, а переробляти, отримуючи від цього користь. Однак бургомістр Відня запевнив його, що тепло від спалювання буде використано для опалення підприємств і житла. Також архітектору було обіцяно суворе дотримання заходів екологічної безпеки на новому підприємстві.

Підприємство може утилізувати 265 тис. т відходів щорічно. Електроенергію для своїх потреб воно виробляє самостійно. Крім цього,

завод подає тепло в 60 тис. віденських квартир. Біля підприємства в одному з ним стилі збудований офіс компанії, що поставляє теплову енергію.

Шпіттелау став туристичною визначною пам'яткою. На його даху розташований ресторан. Поруч не тільки офісні будівлі, а й елітне житлове селище, дитячий садок. У вестибюлі будівлі часто проводяться художні виставки, а у дворі влітку проходять фольклорні фестивалі.

Рисунок 9 – Сміттєспалювальний завод Шпіттелау

## ТЕМА 11 ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ

*Видалення відходів* – здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації [8].

*Захоронення відходів* – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб

довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

*Полігони ТПВ* – це інженерні спеціалізовані споруди, які призначені для захоронення ТПВ, які повинні забезпечувати санітарне та епідемічне благополуччя населення, екологічну безпеку навколишнього природного середовища, запобігати розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ.

*Робоча карта* – частина території полігона побутових відходів, відведена для виконання робіт із захоронення відходів.

За особливостями розташування в рельєфі полігони ТПВ поділяються на рівнинні (розташовані на відносно рівній поверхні з ухилом рельєфу до 5 %), схилові (розташовані на схилах рельєфу з ухилом місцевості більше 5 %) вододільні (розташовані на вододільних просторах), ярово-балкові (розташовані в природних зниженнях рельєфу, балках і ярах), котловинні чи кар'єрні (розташовані в штучних виїмках або кар'єрах після видобутку будівельних матеріалів або корисних копалин), гірські (розташовані в гірській місцевості), змішані (наприклад, кар'єрно-схилові, тощо).

На полігони побутових відходів дозволяється приймати побутові відходи (окрім рідких побутових відходів та небезпечних відходів у складі побутових відходів) з житлових будинків, адміністративних і громадських установ та організацій, підприємств торгівлі та громадського харчування, закладів культури і мистецтва, навчальних та лікувально-профілактичних закладів та інших підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності, вуличний та садово-парковий змет і листя, а також подрібнені будівельні відходи і промислові відходи III та IV класів небезпеки відповідно до санітарних правил та норм, шлак і золу від сміттєспалювальних заводів.

Тверді відходи IV класу небезпеки використовують на полігоні побутових відходів як ізолювальний матеріал у середній та верхній частинах полігона, а тверді відходи III класу небезпеки можуть складуватися разом з побутовими відходами з дотриманням особливих умов відповідно до санітарних правил та норм.

Наполігон, прийнятий в експлуатацію, повинен бути відповідний паспорт місця видалення відходів. На полігонах має бути створена система моніторингу та заходи екологічної безпеки мають бути спрямовані на захист нормального стану повітря, ґрунту та підземних вод.

Дослідження проб повітря проводиться за такими показниками: азот, діоксид вуглецю, ангідрид сірчаний, вуглецю оксид, сірководень, фенол, формальдегід.

На основних напрямках поширення легких фракцій відходів встановлюються тимчасові сітчасті переносні елементи огорожі. Один раз на добу огорожу, що затримує леткі фракції, слід очищати.

Проїзд транспортних засобів через контрольно-дезінфікуючу зону (далі – дезбар'єр) є обов'язковим при температурі повітря понад +5 °С. При температурі повітря понад +25 °С ділянки ущільнення відходів необхідно поливати водою з розрахунку 10 л на 1 $м^3$ побутових відходів або розчином із дезбар'єру.

Дослідження ґрунту на території полігона побутових відходів та у межах санітарно-захисної зони (на відстані 50, 100, 200 і 500 м) повинні проводитись не рідше ніж двічі на рік.

Територія полігона побутових відходів має бути обмежена нагірною канавою для запобігання витіканню за межі полігона забруднених поверхневих вод. Не рідше, ніж двічі на місяць операторам інженерного обладнання полігона слід проводити її огляд і за потреби очищати.

Контроль за станом підземних вод має проводитись щокварталу через спостережні свердловини, кількість, розташування і глибина яких встановлюються згідно з проектом полігона. Полігон побутових відходів повинен бути оснащений системами захисту ґрунтових вод, вилучення та знешкодження біогазу та фільтрату. Для відлякування птахів встановлюється спеціальне звукове та біоакустичне обладнання.

Термін служби полігона повинен бути не менше 15–20 років. Розміщувати полігони необхідно з урахуванням вимог санітарних норм, з

віддаленням від найближчої житлової забудови на відстань не менше 500 м. До полігона повинна бути підведена дорога з твердим покриттям. По всьому периметру майданчика, відведеного для полігона, повинна бути облаштована захисна лісосмуга завширшки не менше 20 м. Рівень ґрунтових вод під днищем полігона повинен знаходитися на глибині більше 2 м. На майданчику полігона не повинні знаходитися виходи водних джерел. Категорично забороняється використовувати під полігони акваторії річок, озер, стариць і боліт.

Основними чинниками негативного впливу функціонування полігонів є виділення біогазу та фільтраційних вод з тіла полігона.

Біохімічні процеси, що відбуваються у масі ТПВ і супроводжують зволоження відходів атмосферними опадами, призводять до складних перетворень речовини з утворенням синтезованих шкідливих речовин і рідкої фази, так званого фільтрату.

*Фільтрат* – рідка фаза, що утворюється на полігоні при захороненні ТПВ з вологістю більше 55 % та внаслідок атмосферних опадів, обсяг яких перевищує кількість вологи, що випаровується з поверхні полігона. Основні джерела утворення фільтрату полігона ТПВ представлені на рисунку 14.

Рисунок 14 – Основні джерела утворення фільтрату полігона ТПВ

Фільтрат містить численні компоненти розпаду органічних і мінеральних речовин, з'єднання важких металів та ряду інших токсичних речовин, які практично ні на одному зі сміттєзвалищ не знешкоджуються, а інфільтруються у ґрунт і потрапляють у ґрунтові води, а звідти забруднення прямує до водного об'єкту, прилеглої до полігону ТПВ території і як наслідок є фактором екологічної небезпеки та еколого-гігієнічного ризику.

Найбільш піддані впливу фільтрату підземні води. Швидкість міграції фільтрату в зону аерації визначається особливостями геологічної будови полігона й часом функціонування смітника.

Утворення газів у тілі смітників є великою екологічною проблемою.

*Біогаз* – суміш газів, що утворюється при анаеробному розкладанні органічної складової ТПВ. Приблизний склад біогазу: метан 40–60 %, діоксид вуглецю 30–45 %, азот, сірководень. кисень, водень та інші гази 5–10 %. Теплотворна здатність біогазу 18–25 МДж/м$^3$. Накопичення газу в тілі звалища часто викликає самозагорання ТПВ.

Газ у тілі полігона може загорятися, що може призвести до виділення продуктів згоряння в атмосферу. Значно зменшити ймовірність загоряння можна якщо спроектувати та експлуатувати систему збору біогазу. Пожежі на полігонах найкраще запобігати за допомогою засипання поверхні полігона землею для ущільнення ТПВ і усунення доступу кисню в товщу відходів.

Загальний вид полігона представлений на рисунку 8.

Як видно з рис. 15, для збору і відведення фільтрату з майданчиків складування ТПВ проектується дренажна система, яка складається з шарового дренажу (галька або щебінь) та дренажних труб. Матеріали, які використовуються для улаштування шарового дренажу і дренажних труб, повинні бути хімічно і біологічно стійкими.

Тобто, захист від забруднення ґрунтів і ґрунтових вод здійснюється шляхом установки спеціального протифільтраційного екрану, укладеного по всьому днищу і бортам полігона, системи перехоплення, відведення і

очищення фільтрату, а також системи наглядових свердловин для контролю якості ґрунтових вод.

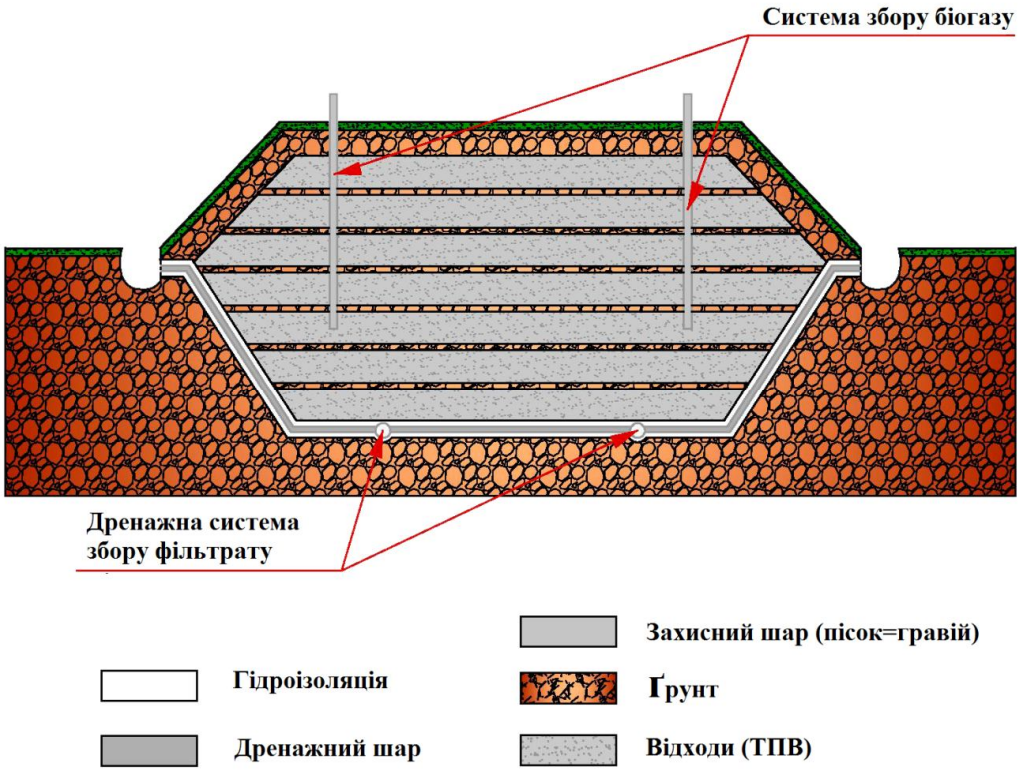


Рисунок 15 – Загальний вид полігона ТПВ

Захист від забруднення ґрунтів і повітряного басейну здійснюється шляхом щоденного перекриття заповнених робочих карт полігона шарами ґрунту, організації системи збору, відведення й утилізації біогазу, устаткування робочих карт переносними сітками для перехоплення легких фракції (папір, плівки), рекультивації поверхні заповнених ділянок полігона.

Ділянку складування розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення приймання відходів на кожній черзі протягом 3–5 років.

Складування відходів на першій, другій і, якщо дозволяє площа ділянки, на третій черзі ведеться на висоту у 2–3 яруси (висота ярусу приймається рівною 2,0–2,5 м) (рис. 16).

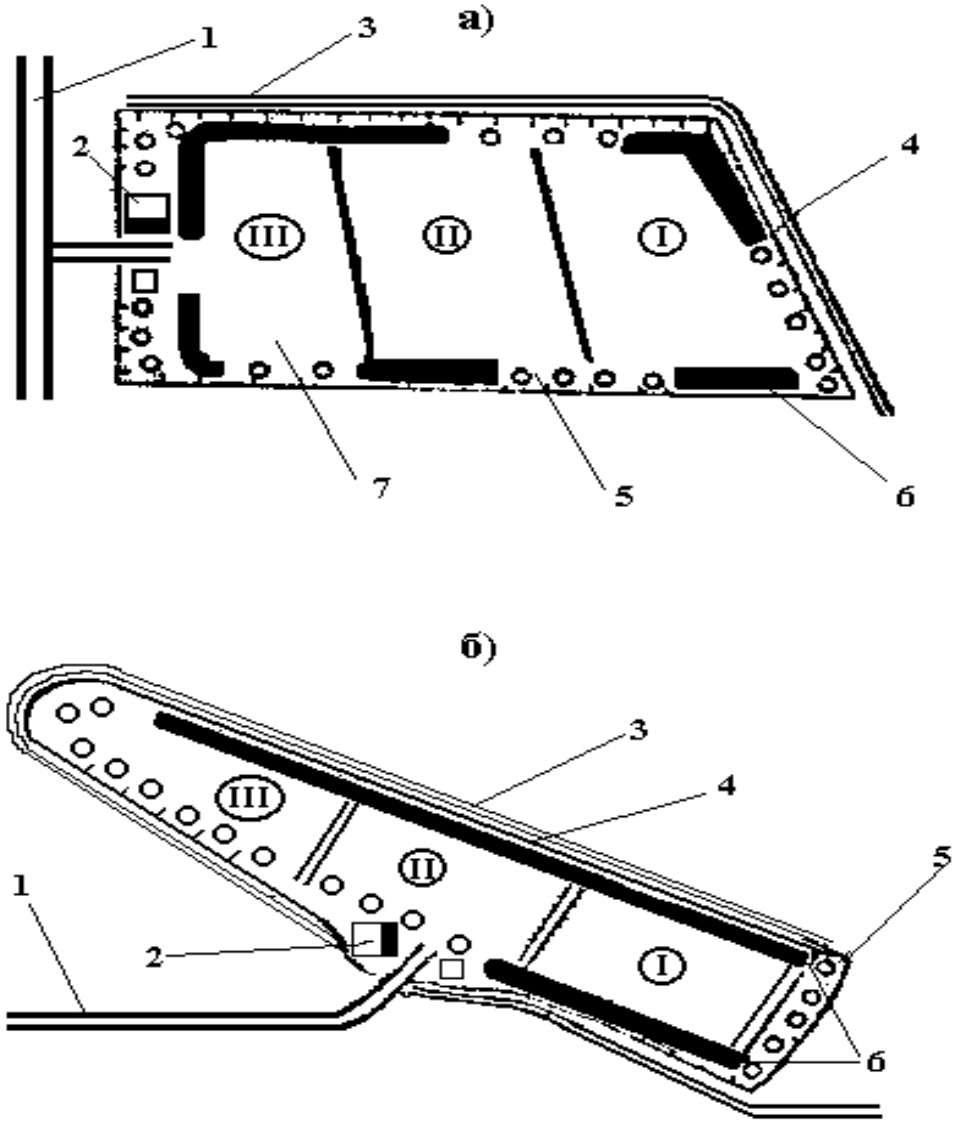


Рисунок 16 – Схема розміщення основних споруд полігона ТПВ:

а) при співвідношенні довжини і ширини полігона ТПВ менше 1:2;

б) те саме, при співвідношенні понад 1:3;

1 – під'їзна дорога; 2 – господарська зона; 3 – нагірна канава; 4 – огорожа; 5 – зелена зона; 6 – грунт для ізолюючих шарів; 7 – майданчики складування ТПВ; I , II і III – черги експлуатації.

Після закриття полігона ТПВ провадиться рекультивація порушених земель.

*Рекультивація* – комплекс заходів по екологічному і економічному відновленню земель і водних ресурсів, родючість яких в результаті людської діяльності істотно знизилася.

Рекультивація земель провадиться в два етапи: технічний і біологічний.

До технічного етапу рекультивації полігону ТПВ належать такі заходи:

– стабілізація тіла полігону (завезення ґрунту для засипки провалів і тріщин, його планування і створення укосів з необхідним кутом нахилу і т.д.);

– спорудження системи дегазації для збору звалищного газу;

– створення системи збору та видалення фільтрату і поверхневого стоку;

– створення багатофункціонального рекультиваційного захисного екрану.

Нормативний кут укосу встановлюється залежно від цільового використання І має такі значення:

– для оброблювання сільськогосподарських культур, у т.ч. у рільництві – не більше 2–3°;

– для луків і пасовищ – не більше 5–7°;

– для садів – не більше 11°;

– для посадки лісу (чагарників і дерев) – не більше 18° [8].

Біологічний етап рекультивації включає заходи щодо відновлення території закритих полігонів для їх подальшого цільового використання в народному господарстві. До нього відноситься комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів, спрямованих на відновлення порушених земель. Біологічний етап здійснюється слідом за технічним етапом рекультивації.

До даного етапу рекультивації полігону ТПВ належать такі заходи:

– підготовка ґрунту;

– підбір посадкового матеріалу;

– посів рослин.

Захисний (постійний) екран поверхні полігона ТПВ влаштовується після його закриття і закінчення осідання тіла полігона ТПВ, тобто досягнення ним стабільного стану.

Захисний екран влаштовується зверху технологічного екрана, який був влаштований при експлуатації полігона ТПВ.

Через 4 роки після сівби трав територія рекультивованих земель полігона ТПВ передається відповідному відомству для наступного цільового використання у сільськогосподарському, лісогосподарському або інших напрямах.

## ТЕМА 12 УТРИМАННЯ ТЕРИТОРІЙ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

*Санітарне очищення територій населених місць* – комплекс планувальних, організаційних, санітарно-технічних та господарських заходів щодо збирання, зберігання, перевезення, оброблення (перероблення), утилізації, видалення, знешкодження і захоронення побутових відходів, включаючи небезпечні відходи у їх складі, що утворилися в населених місцях, а також прибирання об'єктів благоустрою з метою запобігання шкідливому впливу факторів середовища життєдіяльності на життя і здоров'я людини та майбутніх поколінь.

*Схема санітарного очищення* – документ, у якому містяться графічні та текстові матеріали щодо черговості здійснення заходів та обсягів робіт з санітарного очищення, систем і методів збирання, зберігання, перевезення, оброблення (перероблення), утилізації, видалення, знешкодження і захоронення побутових відходів, включаючи небезпечні відходи у їх складі, необхідної кількості сміттєвозів, механізмів, устаткування та інвентарю, доцільності проектування, будівництва, реконструкції чи розширення об'єктів поводження з відходами, їх основні параметри і розміщення, орієнтовані капіталовкладення на будівництво і придбання технічних засобів.

Порядок поводження з ПВ у населеному пункті (селі, селищі, місті) визначається затвердженими органом місцевого самоврядування Правилами

благоустрою, Схемою санітарної очистки та місцевими програмами поводження з ПВ.

Методи та засоби збирання, зберігання, перевезення, перероблення, утилізації ПВ рекомендується обирати з урахуванням:

- складу та властивостей побутових відходів,
- їх річного обсягу утворення,
- кліматичних умов регіону,
- потреби у вторинних енергетичних та матеріальних ресурсах, органічних добривах, економічних факторів
- інших вимог.

*Благоустрій населених пунктів* – комплекс робіт з інженерного захисту, розчищення, осушення та озеленення території, а також соціально-економічних, організаційно-правових та екологічних заходів з покращання мікроклімату, санітарного очищення, зниження рівня шуму та інше, що здійснюються на території населеного пункту з метою її раціонального використання, належного утримання та охорони, створення умов щодо захисту і відновлення сприятливого для життєдіяльності людини довкілля.

*Правила благоустрою території населеного пункту* – нормативно-правовий акт, яким установлюються вимоги щодо благоустрою території населеного пункту.

*Утримання в належному стані території* – використання її за призначенням відповідно до генерального плану населеного пункту, іншої містобудівної документації, правил благоустрою території населеного пункту, а також санітарне очищення території, її озеленення, збереження та відновлення об'єктів благоустрою.

# ТЕМА 13 СУЧАСНИЙ СТАН СФЕРИ ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

На даний час домінуючим способом поводження з побутовими відходами в Україні залишається їх вивезення та захоронення на полігонах та сміттєзвалищах.

Перейняти досвід поводження з відходами в комплексі для України досить складно, враховуючи особливості країни. Відсутня комплексна національна система управління відходами, яка починалась би із запобігання утворенню відходів, забезпечувала б його роздільний збір, транспортування та перетворення у ресурс. Сучасна система поводження потребує нової моделі врегулювання цих відносин в Україні – розподіл відповідальності за утворені відходи, стимулювання громадян до більш екологічної поведінки у сфері поводження з відходами. Відсутність системи перероблення побутових відходів призводить до втрати Україною щороку мільйонів тонн ресурсоцінних матеріалів, що містяться у відходах, які потенційно можуть бути введені у господарський обіг.

*Відходи як вторинна сировина* – відходи, для утилізації та переробки яких в Україні існують відповідні технології та виробничо-технологічні і/або економічні передумови.

Збирання і заготівля відходів як вторинної сировини – діяльність, пов'язана із збиранням, купівлею, прийманням, зберіганням, обробленням (переробленням), перевезенням, реалізацією і постачанням таких відходів переробним підприємствам на утилізацію, а також надання послуг у цій сфер.

*Утилізація відходів* – використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів.

Останніми роками в усіх країнах світу, зокрема й в Україні, спостерігається стійка тенденція зростання кількості відходів на душу населення. Особливо чітко ця тенденція виявляється у великих містах

Серед проблем в сфері поводження з побутовими відходами можна виділити наступні:

– не здійснюється облік, аналіз і моніторинг накопичення ТПВ, що робить неможливим прийняття ефективних державно-управлінських рішень в даній сфері

– обсяг ПВ невпинно збільшується як в абсолютних величинах, так і на душу населення

– склад ПВ постійно змінюється, збільшується кількість екологічно небезпечних компонентів

– відношення населення до традиційних методів поводження з відходами різко негативне

– на всіх рівнях приймаються все жорсткіші правила поводження з відходами

– більш широко впроваджуються новітні технології утилізації відходів

– ускладнюється економіка управління відходами

Побутові відходи складаються з різних компонентів, які не повинні змішуватись між собою, а повинні утилізуватись окремо один від одного найбільш економічними та екологічно доцільними способами.

Звісно, поки в Україні не буде створено відповідну законодавчу базу, запустити ринок переробки відходів майже неможливо. На щастя, перші кроки до цивілізованого поводження з відходами в Україні вже зроблені. Закон про відходи зі статтею 32 це перший крок руху в напрямку до цивілізованого поводження з відходами, що сприятиме створенню галузі утилізації побутових відходів за стандартами ЄС. Проте як показав досвід впровадження цього закону варто також прийняти відповідні законодавчі акти, які б зобов’язували всіх громадян платити податки чи збори на переробку відходів, а також багато працювати зі зміною свідомості громадян по цій проблемі [4].

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Сміттєва революція: як відвернути екологічну катастрофу в Україні [Електронний ресурс] // Українська правда. – Липень, 2017. – Режим доступу: https://www.epravda.com.ua/columns/2017/07/3/626665/. – Назва з екрана.
2. Довга Т. М. Основні тенденції та закономірності утворення і переробки твердих побутових відходів в Україні [Електронний ресурс] // Ефективна економіка. – 2012.– № 10. – Режим доступу: http://www. economy. nayka. com. ua/ ?op=1&z=1491, вільний. – Назва з екрана.
3. Мусорная эра: от рассвета до заката [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.zerkalo-nedeli.com, вільний. – Назва з екрана.
4. Гороховська А. В., Петрук Р. В. Порівняльний аналіз способів поводження з ТПВ в Україні та країнах світу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/USR/Desktop/4212-16814-1-PB.pdf, вільний.
5. Сталінська І. В. Аспекти екологічної безпеки в системі «тверді побутові відходи − навколишнє середовище − здоров'я людини» // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.7. – С. 238–245.
6. Сталінська І. В. Аналіз впливу полігонів твердих побутових відходів на водні ресурси (на прикладі Дергачівського полігону) // Вісник НУВГП, серія «Технічні науки». Випуск 2. – Рівне, 2016. – С. 244–252.
7. Директива Европейского Парламента и Совета 2006/12/ЕС об отходах: 5 апреля 2006г. // [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://eurlex.europa.eu, вільний. – Назва з екрана.
8. Про відходи [Електронний ресурс] : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/187/98-%D0%B2%D1%80, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.
9. Варнавська І.В. Аналіз методів очищення фільтрату полігонів ТПВ / І.В.Варнавська, М.В.Яцков // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Міжвід. наук.-техн. зб. Випуск 34. – Рівне, 2009, – С. 279–287.

10. Варнавская, И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов // Экология и промышленность. – 2008. - №1. – С. 39–43.

11. K.H. Poutos, A.M. Alani, P.J. Walden, C.M. Sangha (2008). Relative temperature changes within concrete made with recycled glass aggregate. Construction and Building Materials, Volume 22, Issue 4, Pages 557-565.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Планування міжмуніципальної системи інтегрованого поводження з твердими побутовими відходами : методичний посібник / А. М. Артов, В. Є. Сороковський; за заг. ред. В. Є. Сороковського. – Київ : DESPRO, 2017. – 104 с.

2. Про відходи [Електронний ресурс] : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/187/98-%D0%B2%D1%80, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

3. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

4. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення [Електронний ресурс] : Закон України від 24.02.1994 № 4004-XII. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

5. Про поводження з радіоактивними відходами [Електронний ресурс] : Закон України від 30.06.1995 № 255/95-ВР. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

6. Про металобрухт [Електронний ресурс] : Закон України від 05.05.1999 № 619-XIV. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/619-14, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

7. Про житлово-комунальні послуги [Електронний ресурс] : Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

8. Про хімічні джерела струму [Електронний ресурс] : Закон України від 23.02.2006 № 3503-IV. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3503-15, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

9. Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції [Електронний ресурс] : Закон України від 14.01.2000 № 1393-XIV. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1393-14, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

10. Про ветеринарну медицину [Електронний ресурс] : Закон України від 25.06.1992 № 2498-XII. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

11. Методичні рекомендації з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів, затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 16.02.2010 р. № 39.

12. Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць [Електронний ресурс] : Наказ МОЗ України № 145 від 17.03.2011 р. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

13. Про благоустрій населених пунктів [Електронний ресурс] : Закон України від 06.09.2005 № 2807-IV. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

14. Методичні рекомендації з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів, затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України № 176 від 07.06.2010.

15. ДСТУ-Н Б Б.2.2-7:2013 Настанова з улаштування контейнерних майданчиків. – Чинний від 2014-04-01. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2014. – 7 с.

16. Методика роздільного збирання побутових відходів, затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 01.08.2011 № 133.

17. Методичні рекомендації щодо збирання відходів електричного та електронного обладнання, що є у складі побутових відходів, затверджений наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 22.01.2013 № 15.

18. Методичні рекомендації щодо безпечного поводження з компонентами (складовими) небезпечних відходів у складі побутових відходів, затверджений наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 30.08.2013 № 423.

19. Правила надання послуг з вивезення побутових відходів [Електронний ресурс] : Постанова КМУ від 10.12.2008 № 1070. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1070-2008-%D0%BF, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

20. СОУ ЖКГ 08.09-020:2012 Надання послуг з вивезення побутових відходів (операції поводження з побутовими відходами – збирання, зберігання, перевезення). Критерії та методи оцінки якості. – Чинний від 01.07.2013. – Київ, 2012. – 6 с.

21. Методика впровадження двоетапного перевезення твердих побутових відходів, затверджена наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 30.11.2006. № 396.
22. ГБН В.2.2-35077234-001:2011. Будинки і споруди. Підприємства сортування та перероблення твердих побутових відходів. Вимоги до технологічного проектування. – Чинний від 01.06.2011. – Київ, Мінжитлокомунгосп України, 2011. – 30 с.
23. СОУ ЖКГ 08.09-022:2013 Тверді побутові відходи. Брикет для захоронення твердих побутових відходів. Технічні умови. Інформаційний бюлетень Мінрегіонрозвитку, будівництва та ЖКГ України, № 10. – 2013.
24. СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів. – Київ : Мінжитлокомунгосп України, 2010. – 39 с.
25. СОУ ЖКГ 03.09-17:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення відходів пластмас, паперу та картону, що є у складі твердих побутових відходів». – Київ : Мінжитлокомунгосп України, 2010. – 25 с.
26. ДСТУ 3500-2009 Макулатура паперова і картонна. Технічні умови. – Чинний від 2011-01-01. – Київ : Держспоживстандарт України, 2010.
27. ДСТУ 2731-94 Сировина полімерна вторинна. Порядок збирання, зберігання і перероблення відходів. – Чинний від 01.07.1995. – Київ : Держспоживстандарт України, 1994. – 13 с.
28. СОУ ЖКГ 03.09-18:2010 Побутові відходи. Технологія перероблення відходів скла, що є у складі твердих побутових відходів. – Київ : Мінжитлокомунгосп України, 2010. – 14 с.
29. СОУ ЖКГ 08.09-13:2010 Побутові відходи. Біогаз полігонів побутових відходів, що використовується у когенераційних установках. – Чинний від 01.04.2011. – Київ : Мінжитлокомунгосп України, 2010. – 18 с.
30. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основи проектування. – Київ : Держбуд України, 2005. – 40 с.

31. Правила експлуатації полігонів побутових відходів, затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України № 435 від 01.12.2010 р.

32. ДСТУ 3911-99 Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги. – Київ : Держстандарт України, 2000. – 18 с.

33. Державний класифікатор відходів ДК 005-96, затверджений наказом Держстандарту України від 29 лютого 1996 року №89

34. Порядок ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів [Електронний ресурс] : Постанова КМУ від 31.08.1998 № 1360. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-98-%D0%BF, вільний. – (дата звернення: 30.01.2019). – Назва з екрана.

35. ДБН Б.2.2-6:2013 Склад та зміст схеми санітарного очищення населеного пункту. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 32 с.

*Навчальне видання*

**СТАЛІНСЬКА** Ірина Вікторівна

**ХАНДОГІНА** Ольга Вадимівна

# ПОВОДЖЕННЯ З ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів 1 та 2 курсу всіх форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Відповідальний за випуск *Т.В. Дмитренко*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна*

План 2019, поз. 56 Л

Підп. до друку 09.09.2019. Формат 60×84/16.
Друк на ризографі Ум. друк. арк. 3,5.
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.