

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

М. С. БЕЗОВСЬКА, Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО, О. В. РОЗГОН

УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ВІДХОДІВ

Навчальний посібник



Дніпро

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, О. В. Розгон

Утилізація та рекуперація відходів

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ДНІПРО
2025

УДК 628.54(075.8)

Б 40

Авторський колектив:

Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Розгон О. В.

Рекомендовано Радою якості освітньої діяльності УДУНТ
Протокол № 7 від 14.01.2025 р.

Б 40 Безовська М. С. Утилізація та рекуперація відходів: навч. посіб. / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, О. В. Розгон ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 137 с.

ISBN 978-617-7440-30-6 (PDF)

Навчальний посібник «Утилізація та рекуперація відходів» призначений для студентів усіх форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Екологічний менеджмент інфраструктури і транспорту» спеціальності Е2 Екологія.

В посібнику розкрито базові питання поводження з відходами, у тому числі їх утилізації та рекуперації. Розглянуто законодавчі основи у сфері регулювання можливих ситуацій з відходами, методи і способи поводження з ними. Також приділено увагу сучасному стану поводження з відходами в Україні і методам утилізації окремих видів відходів.

Іл. 73, табл. 12, бібліогр. 67 назв.

УДК 628.54(075.8)



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons
[«Attribution-NonCommercial-NoDerivatives» 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)
(«Із зазначенням авторства – Некомерційна – Без Похідних» 4.0 Міжнародна)

ISBN 978-617-7440-30-6 (PDF)
DOI 10.15802/978-617-7440-30-6

© Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Розгон О. В., 2025
© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ.....	7
Контрольні питання до розділу 1.....	13
РОЗДІЛ 2 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДХОДІВ. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ.....	14
1 Класифікація промислових відходів -----	14
2 Основні вимоги до зберігання відходів-----	20
3 Транскордонне перевезення небезпечних відходів-----	24
4 Склад і властивості побутових відходів -----	26
Контрольні питання до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ СПОСОБИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ	29
1 Розміщення відходів -----	31
2 Термічна переробка відходів-----	32
3 Промислова переробка відходів-----	33
Контрольні питання до розділу 3.....	39
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИ ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ.....	40
Контрольні питання до розділу 4.....	45
РОЗДІЛ 5 ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ.....	46
1 Знешкодження відходів шляхом сміттєспалювання-----	46
2 Сучасний сміттєспалювальний завод -----	52
3. Очищення димових газів сміттєспалювальних заводів-----	55
4 Термічне знешкодження токсичних промислових відходів-----	56
Контрольні питання до розділу 5.....	58
РОЗДІЛ 6 ЗБІР, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ.....	59

1 Технології збирання і транспортування відходів -----	59
2 Прес-компактори та вертикальні пакувальні преси -----	66
3 Станції перевантаження відходів -----	68
4 Сортування відходів -----	70
Контрольні питання до розділу 6.....	74
РОЗДІЛ 7 МАЛОВІДХОДНІ І БЕЗВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Контрольні питання до розділу 7.....	80
РОЗДІЛ 8 СУЧАСНИЙ СТАН ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ .	
Контрольні питання до розділу 8.....	87
РОЗДІЛ 9 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЛАСТМАС	
Контрольні питання до розділу 9.....	92
РОЗДІЛ 10 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ГУМОВИХ ВИРОБІВ	
1 Утилізація гуми шляхом спалювання -----	94
2 Переробка гуми в крихту -----	95
3 Регенерація гуми -----	96
4 Піроліз гумових відходів -----	96
Контрольні питання до розділу 10.....	98
РОЗДІЛ 11 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ.....	
Контрольні питання до розділу 11	108
РОЗДІЛ 12 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ, КАРТОНУ ТА ПАПЕРУ	
1 Утилізація відходів деревини -----	109
1.1 Деревино-цементні маси	110
1.2 Деревино-шаровані пластики.....	110
1.3 Деревино-волокнисті плити (ДВП)	111
1.4 Маси, які одержують п'єзометричною обробкою деревини (ошурок, тріски, деревного борошна та ін.).....	112
1.5 Брикетування	112

1.6 Інші способи утилізації	113
2 Утилізація відходів картону й паперу -----	113
2.1 Вибілювання макулатури.....	119
2.2 Формування паперового полотна	120
2.3 Виробництво паперу	121
Контрольні питання до розділу 12.....	121
РОЗДІЛ 13 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ПРОБЛЕМА ВІДХОДІВ	
ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ.....	122
Контрольні питання до розділу 13.....	130
ВИСНОВКИ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	133

ВСТУП

Відходами є продукти діяльності людини в побуті та у промисловості, які не використовуються безпосередньо в місцях свого утворення і які можуть бути реально використані як сировина в інших галузях. Відходи виробництва та споживання є джерелами антропогенного забруднення навколишнього середовища в глобальному масштабі й виникають як неминучий результат споживчого відношення й незадовільно низького коефіцієнту використання ресурсів.

Вибір доцільного способу поводження з побутовими і промисловими відходами визначається у результаті проведення комплексного техніко-економічного аналізу проблеми. Важливими є і процеси управління відходами. Структура, відповідальність, практичні методи, процедури і процеси повинні координуватися з іншими сферами діяльності, наприклад, у виробничій, економічній, в області охорони здоров'я населення та ін.

Навчальний посібник «Утилізація та рекуперація відходів» призначений для студентів усіх форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності Е2 Екологія.

Метою видання є допомога студентам зазначеної спеціальності самостійно опановувати лекційний курс та готуватися до контрольних заходів, зокрема екзамену.

Очікуваними результатами навчання є: знання класифікації відходів, основних законодавчих і нормативних актів України у сфері утилізації та рекуперації відходів; вміння знаходити, використовувати та аналізувати інформацію з різноманітних інформаційних джерел; здатність до обрання способу поводження з відходами залежно від заданих умов та оцінки наслідків нераціонального поводження з відходами, впровадження екологічних проектів для ліквідації наслідків такого поводження, а також прогнозування впливу технологічних процесів і виробництв, пов'язаних з утворенням відходів, на навколишнє середовище.

Очікувані результати досягаються завдяки поясненню основних теоретичних положень щодо базових питань поводження з відходами у супроводі наочного матеріалу у вигляді рисунків, схем і таблиць, наведених у посібнику. Також позитивну роль відіграє наявність контрольних питань для самоперевірки студентами вивченого матеріалу.

РОЗДІЛ 1 ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

Головним документом стосовно поводження з відходами є Закон України «Про відходи» (№187/98-ВР від 05.03.1998 р. з останніми змінами).

Закон складається із 10 розділів, в яких визначено правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язаної із запобіганням або зменшенням обсягів утворення відходів, їх збиранням, перевезенням, зберіганням, сортуванням, обробленням, утилізацією та видаленням, знешкодженням та захороненням, а також з відверненням негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини на території України.

Закон регулює відносини, пов'язані з діями над відходами, що утворюються в Україні, перевозяться через її територію, вивозяться з неї, а також з відходами, що ввозяться в Україну (рис. 1.1) [12, 16, 18, 19].

Закон України "Про відходи" спрямований на відвернення негативного впливу відходів на довкілля та здоров'я людини та передбачає основні завдання з його реалізації:

-
- ```
graph LR; A[а) визначення основних принципів державної політики у сфері поводження з відходами;] --- B[б) правове регулювання відносин щодо діяльності у сфері поводження з відходами;]; B --- C[в) визначення основних умов, вимог і правил щодо екологічно безпечного поводження з відходами, а також системи заходів, пов'язаних з організаційно-економічним стимулюванням ресурсозбереження;]; C --- D[г) забезпечення мінімального утворення відходів, розширення їх використання у господарській діяльності, запобігання шкідливому впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.];
```
- а) визначення основних принципів державної політики у сфері поводження з відходами;
  - б) правове регулювання відносин щодо діяльності у сфері поводження з відходами;
  - в) визначення основних умов, вимог і правил щодо екологічно безпечного поводження з відходами, а також системи заходів, пов'язаних з організаційно-економічним стимулюванням ресурсозбереження;
  - г) забезпечення мінімального утворення відходів, розширення їх використання у господарській діяльності, запобігання шкідливому впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.

Рисунок 1.1 – Основні завдання Закону України «Про відходи»

До основних напрямів державної політики щодо реалізації зазначених принципів належать (рис. 1.2):

- забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки під час поводження з ними;
- зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення їх небезпечності;
- забезпечення комплексного використання матеріально-сировинних ресурсів;
- сприяння максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого повторного чи альтернативного використання ресурсно цінних відходів;

- забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій, екологічно безпечних методів та засобів поводження з відходами;
- організація контролю за місцями чи об'єктами розміщення відходів для запобігання шкідливому їх впливу на навколишнє природне середовище та здоров'я людини;
- здійснення комплексу науково-технічних та маркетингових досліджень для виявлення і визначення ресурсної цінності відходів з метою їх ефективного використання;
- сприяння створенню об'єктів поводження з відходами;
- забезпечення соціального захисту працівників, зайнятих у сфері поводження з відходами;
- обов'язковий облік відходів на основі їх класифікації та паспортизації.

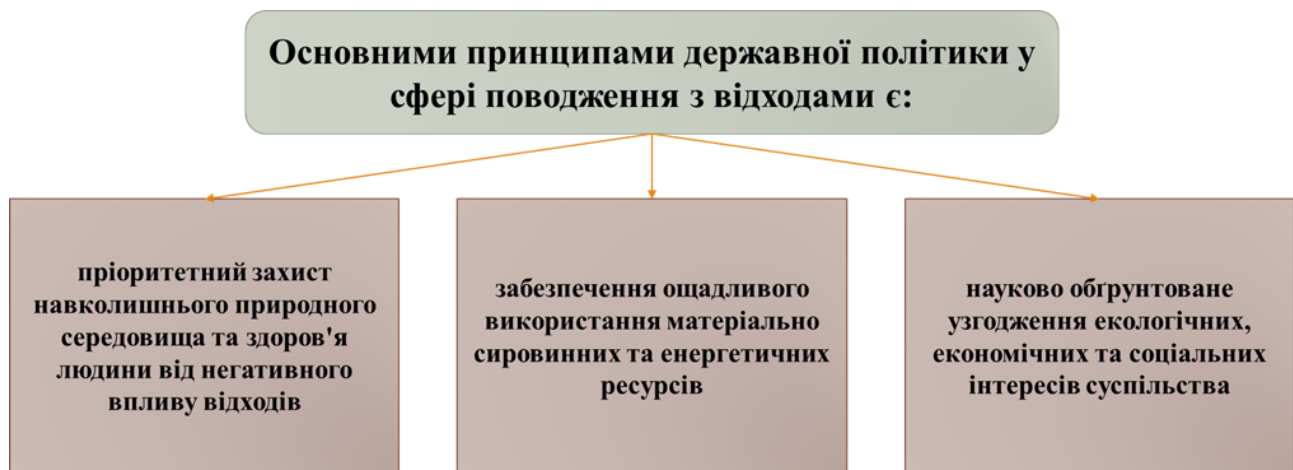


Рисунок 1.2 – Основні принципи державної політики у сфері поводження з відходами

Закон України «Про відходи» містить перелік злочинів і правопорушень у сфері поводження з відходами, за які особи, що винні в їх скоєнні, несуть дисциплінарну, адміністративну, цивільну чи кримінальну відповідальність. Ці види відповідальності можуть наступати за [12, 16, 18, 19]:

- порушення встановленого порядку поводження з відходами, що призвело або може призвести до забруднення навколишнього природного середовища, прямого чи опосередкованого шкідливого впливу на здоров'я людини та економічних збитків;
- самовільне розміщення чи видалення відходів;
- порушення порядку ввезення в Україну, вивезення з неї і транзиту через її територію відходів як вторинної сировини;
- невиконання розпоряджень і приписів органів, що здійснюють державний контроль та нагляд за операціями поводження з відходами та за місцями їх видалення;

- приховування, перекручення або відмову від надання повної та достовірної інформації за запитами посадових осіб і громадян та їх об'єднань стосовно безпеки утворення відходів та поводження з ними, у тому числі про їх аварійні скиди та відповідні наслідки;
- приховування перевищення встановлених лімітів на обсяги утворення та розміщення відходів;
- змішування чи захоронення відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія, без спеціального дозволу спеціально уповноваженого органу виконавчої влади в галузі охорони навколишнього природного середовища;
- порушення правил ведення первинного обліку та здійснення контролю за операціями поводження з відходами;
- порушення строків подання і порядку звітності щодо утворення, використання, знешкодження та видалення відходів;
- невиконання вимог щодо поводження з відходами (під час їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізації, знешкодження, видалення та захоронення), що призвело до негативних екологічних, санітарно-епідемічних наслідків або завдало матеріальної чи моральної шкоди;
- передачу відходів з порушенням установлених правил на зберігання, оброблення або видалення підприємствам чи організаціям, що не мають відповідного дозволу на проведення цих операцій;
- порушення встановлених правил і режиму експлуатації установок і виробництв з оброблення та утилізації відходів, а також полігонів для зберігання чи захоронення промислових, побутових та інших відходів (сміттєзвалищ, шламосховищ, золовідвалів тощо);
- виробництво продукції з відходів чи з їх використанням без відповідної нормативно-технічної і технологічної документації, погодженої в установленому порядку;
- недотримання умов ввезення відходів як вторинної сировини на територію України;
- несвоєчасне внесення платежів за розміщення відходів;
- порушення вимог безпечного перевезення небезпечних відходів.

Наведемо основні терміни, що присутні в Законі України «Про відходи»:

Відходи - 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 [12, 16, 18, 19].

Виробник відходів - фізична або юридична особа, діяльність якої призводить до утворення відходів

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.

Збирання відходів – діяльність, пов'язана з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи сортування відходів з метою подальшої утилізації чи видалення.

Зберігання відходів – тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (до їх утилізації чи видалення).

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.

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

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

Видалення відходів – операції з відходами, що не призводять до їх утилізації.

Знешкодження відходів – зменшення чи усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення.

Захоронення відходів – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях таким чином, щоб шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

Об'єкти поводження з відходами – місця чи об'єкти, що використовуються для збирання, зберігання, сортування, оброблення, перероблення, утилізації, видалення, знешкодження та захоронення відходів.

Питання поводження з відходами також регламентуються:

- Законами України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року»,
- «Про охорону навколишнього природного середовища»,
- «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»,
- «Про поводження з радіоактивними відходами»,
- «Про металобрухт»,
- «Про хімічні джерела струму»,
- «Про ветеринарну медицину»,
- «Про поводження з радіоактивними відходами»,
- «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції»,
- Кодексу України про надра та інших нормативно-правових актів.

Крім того, правові норми щодо відходів містяться у таких актах, як Постанови Кабінету Міністрів України:

- Постанова Кабінету Міністрів України від 13.07.2000 р. №1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.1998 р. №1216 «Про затвердження Порядку ведення реєстру місць видалення відходів»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 03.08.1998р. №1218 «Про затвердження Порядку розроблення, затвердження і перегляду лімітів на утворення та розміщення відходів»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 31.08.1998 р. №1360 «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 1.08.1999 р.

Мінприроди України у порядку регулювання діяльності з відходами видало ряд Наказів, які затверджують певні дії щодо поводження з відходами в Україні, а саме:

- Наказ Мінекобезпеки від 14.01.1999 р. №12 «Про затвердження Інструкції про зміст і складання паспорта місць видалення відходів» (zareestrovaniy v Min'yosti Ukrainy 03.02.99 №60/3353);
- Наказ Мінекобезпеки від 17.02.1999 р. №41 «Про затвердження Форми реєстрової карти об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів та Інструкції щодо її складання» (zareestrovaniy v Min'yosti Ukrainy 18.03.99 №169/3462);
- Наказ Мінекоресурсів від 16.10.2000 р. №165 «Про затвердження Переліку небезпечних властивостей та інструкцій щодо контролю за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням» (zareestrovaniy v Min'yosti Ukrainy 02.11.2000 №770/4991);
- Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 04.11.2011 № 433 «Про затвердження Ліцензійних умов на провадження господарської діяльності із здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами» (zareestrovaniy v Min'yosti Ukrainy 27.12.2011 № 1549/20287).

Регулювання у сфері поводження з відходами по певним напрямкам здійснювалося також органами Державної санітарної служби на підставі Закону України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», нормативним актом ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Державні санітарні правила та норми 2. Комунальна гігієна. 2.7. Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту», «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення» (ДСанПіН 2.2.7.029-99).

ДСанПіН 2.2.7.029-99 визначено основні терміни у сфері поводження з відходами, вимоги, які встановлюються до об'єктів поводження з відходами, а також встановлено регламент віднесення відходів до класів небезпеки відповідно до їх фізико-хімічного складу та біологічних характеристик. Дія цього нормативного документа розповсюджувалася на промислові відходи, які у свою чергу підрозділялися на відходи сфери виробництва та відходи сфери споживання.

Але, з 16 вересня 2014 року ДСанПіН 2.2.7.029-99 втратив чинність. Державною службою України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва прийнято рішення від 15.07.2014 р № 33. Цим рішенням запропоновано Міністерству охорони здоров'я України визнати такою, що втратила чинність, постанову Головного державного санітарного лікаря України від 01.07.1999 № 29 ДСанПіН 2.2.7.029-99, оскільки її норми не відповідають вимогам діючого законодавства та принципам державної регуляторної політики [12, 16, 18, 19].

Також можемо розглядати Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року схвалена Урядом України у 2017 році, що базується на наступних принципах стратегічного планування управління відходами:

- ієрархії поводження з відходами, який передбачає дії стосовно поводження з відходами у такій послідовності: запобігання утворенню відходів, підготовку до повторного використання без попередньої обробки, перероблення відходів, інші види утилізації у тому числі використання відходів як вторинних енергетичних ресурсів, видалення(захоронення) лише у разі відсутності можливості виконати попередні ступені ієрархії;
- переходу до економіки замкненого циклу, який передбачає, що обсяг продуктів, матеріалів і ресурсів використовується в економіці якомога довше і утворення відходів мінімізується;
- наближеності, який передбачає для зменшення потенційних ризиків від забруднення відходами їх перероблення якомога ближче до джерел утворення; попередженості, який за наявності доказів екологічного ризику слід вжити відповідних запобіжних заходів;
- спільної відповідальності, участі органів державної влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, а також громадськості під час прийняття рішень щодо досягнення цілей екологічної політики;
- розширеної відповідальності виробника, який передбачає відповідальність виробників та імпортерів продукції за прийняття повернутої продукції та відходів, що лишилися після її використання, а також подальше управління відходами;
- самодостатності, який передбачає створення інтегрованої адекватної мережі об'єктів з утилізації і видалення відходів, що дасть змогу державі чи регіону.

Крім того, в Україні діє ряд державних стандартів в області поводження з відходами:

- ДСТУ 2195-99 Державний стандарт України. Охорона природи. Поводження з відходами. Технічний паспорт відходу.
- ДСТУ 3910-99 Державний стандарт України. Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій.
- ДСТУ 3911-99 Державний стандарт України. Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи.

### **Контрольні питання до розділу 1**

1. Що передбачає Закон України «Про відходи»?
2. Назвіть основні принципи державної політики у сфері поводження з відходами.
3. Якими законами крім Закону України «Про відходи» регламентуються питання поводження з відходами?
4. Дайте визначення поняттям: відходи, поводження з відходами, збирання, зберігання відходів, оброблення, утилізація, захоронення відходів.
5. Назвіть основні принципи стратегічного планування управління відходами, на яких базується Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року.
6. Назвіть державні стандарти в області поводження з відходами.

# РОЗДІЛ 2 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДХОДІВ. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ

## 1 Класифікація промислових відходів

Відходами є продукти діяльності людини в побуті та у промисловості, які не використовуються безпосередньо в місцях свого утворення і які можуть реально використані як сировина в інших галузях (рис. 2.1) [12, 16].

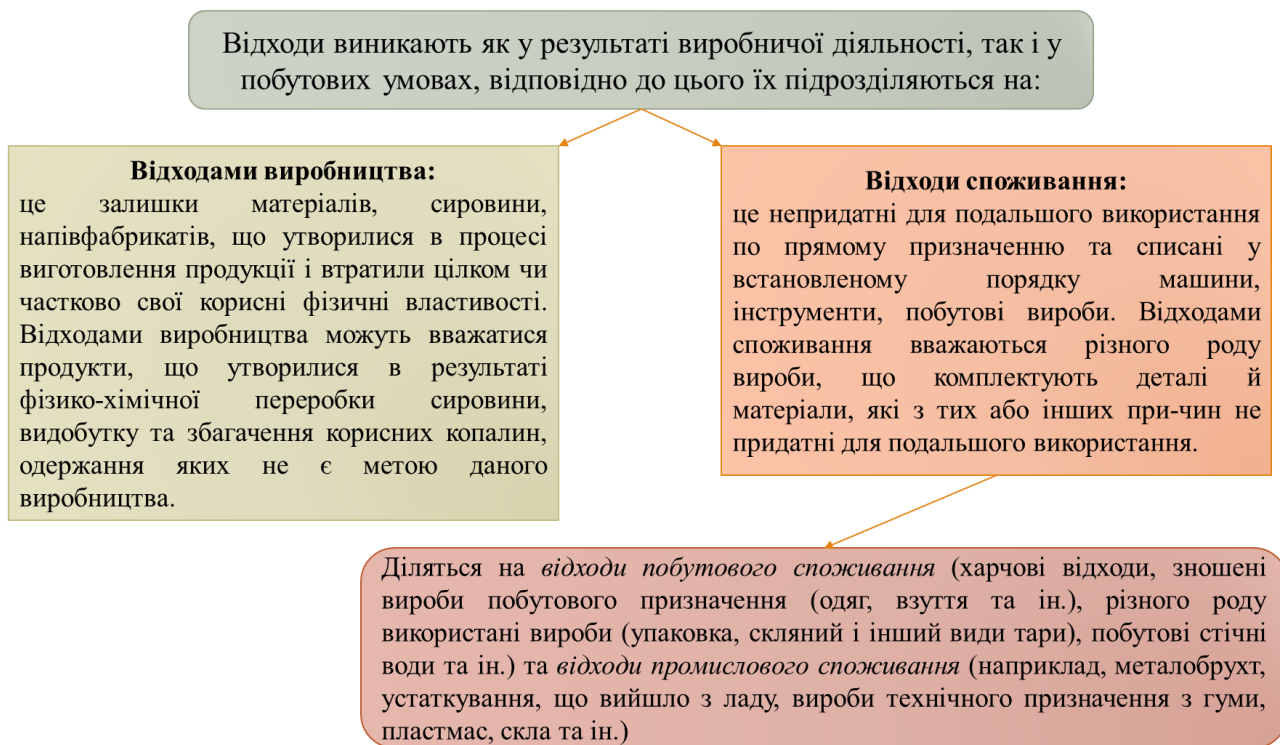


Рисунок 2.1 – Типи відходів і їх характеристики

Промислові відходи найчастіше є хімічно неоднорідними, складними полікомпонентними сумішами речовин, що мають різні хіміко-фізичні властивості, представляють токсичну, хімічну, біологічну, корозійну, вогне- та вибухонебезпечність.

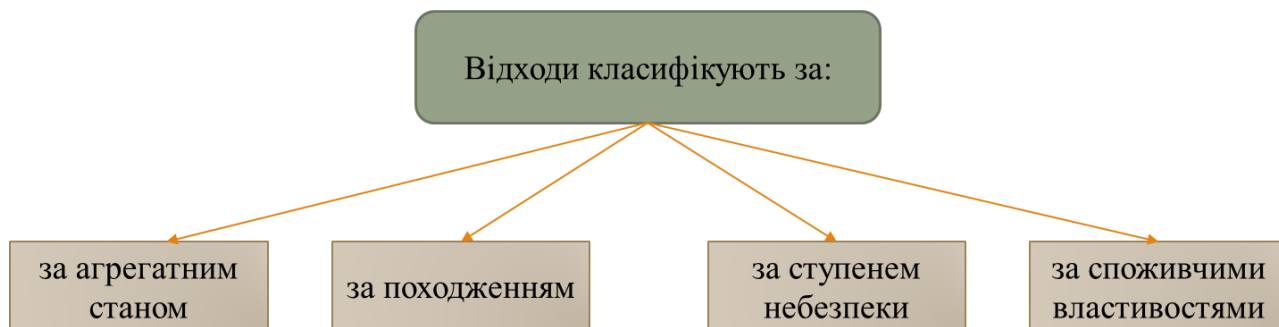


Рисунок 2.2 – Класифікація відходів

Також існує класифікація відходів за хімічною природою, технологічним ознакам утворення, можливості подальшої переробки та використання.

За агрегатним станом відходи поділяються на тверді, рідкі, пастоподібні (шлами) та газоподібні.

На відміну від твердих відходів, місця складування яких займають великі території, газоподібні і рідкі відходи відносно швидко розподіляються у природному середовищі.

За походженням відходи поділяються на наступні категорії:

- Промислові відходи - відходи, які утворюються в результаті виробничих робіт і технологічних процесів.
- Будівельні відходи - відходи, що утворюються в процесі будівництва споруд, комунікацій, виробництва будівельних матеріалів.
- Сільськогосподарські відходи - відходи, що утворюються в процесі сільськогосподарського виробництва тваринної та рослинної продукції.
- Відходи споживання - вироби і машини, що втратили свої споживчі властивості в результаті фізичного або морального зносу.
- Побутові (комунальні) відходи - тверді та рідкі відходи, що утворюються в результаті життєдіяльності людей і амортизації предметів побуту. Побутові відходи утворюються в установах, житлових комплексах, приватному секторі, муніципальних установах тощо.
- Радіоактивні відходи - радіоактивні речовини і матеріали, які утворюються при роботі ядерних реакторів, при виробництві і застосуванні радіоактивних ізотопів.
- Відходи лікувально-профілактичних установ - матеріали, речовини, вироби, що втратили частково або повністю свої первісні споживчі властивості в ході здійснення медичних маніпуляцій, що проводяться при лікуванні або обстеженні людей в медичних установах.

Значна частина прикладів поводження з відходами стосується твердих відходів, що становить основну частину відходів, що створюються побутовою, промисловою та комерційною діяльністю.

До промислових відходів відносяться відходи сфер виробництва та сфер споживання [12, 16].

Серед них найбільшу небезпеку для довкілля і здоров'я населення становлять неутилізовані токсичні промислові відходи.

Відходи сфер виробництва і сфери споживання в залежності від фізичних, хімічних і біологічних характеристик всієї маси відходу або окремих його інгредієнтів поділяються на чотири класи небезпеки, в залежності від чого встановлюються вимоги до їх утилізації і захоронення.

Клас небезпеки визначається токсичністю промислових відходів.

Токсичними промисловими відходами називаються такі відходи, які утворюються в процесі технологічного циклу в промисловості і мають у своєму складі фізіологічно активні речовини, які викликають токсичний ефект.

Приналежність відходів до якого-небудь класу визначається по класифікатору промислових відходів розрахунковим шляхом, якщо відомі гігієнічні параметри речовини, а також експериментальним шляхом.

Термін «небезпечні відходи» визначено ст. 1 Закону України «Про відходи»: «небезпечні відходи - відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними».

I-й клас: Надзвичайно небезпечні відходи мають найвищий ступінь впливу відходів на навколишнє середовище. При контакті з даним класом відходів екологічна система порушується з незворотними наслідками, тому період для її відновлення до цієї категорії не застосовується. У список відходів цього класу входять: радіоактивні ізотопи; пестициди; ціаніди; крезол у вигляді залишків, які втратили споживчі якості; шлам з вмістом тетраетил свинцю і металоорганічних сполук; відходи солей арсену; відпрацьовані трансформатори і конденсатори з трихлордифенілом і пентохлордифенілом; ртутьвмісні матеріали, відпрацьовані лампи люмінесцентні.

II-й клас: Високонебезпечні відходи. Створюють високу загрозу для навколишнього середовища. Відновлення екологічного балансу можливо через 30 років. Їх зберігають в поліетиленових мішках, пакетах, бочках та інших видах тари, що запобігає поширенню шкідливих речовин у навколишньому середовищі. У список відходів цього класу входять важкі метали та їх солі, різноманітні кислоти, вторинна сировина нафтової промисловості, відпрацьовані мастила, відпрацьовані акумулятори свинцевого та лужного типу тощо.

III-й клас: Помірно небезпечні відходи. Порушена ними екологічна система відновлюється ними не раніше, ніж через 10 років. У список відходів цього класу входять деякі осади з очисних споруд хімічного виробництва, відходи лакофарбових матеріалів та клеїв, полімери, дерев'яні шпали, які були просочені хімічними речовинами, відпрацьовані фільтрувальні матеріали.

IV-й клас: Мало небезпечні відходи. Вплив на довкілля присутній. Відновлення екологічної системи відбудеться не менш, ніж за 3 роки. У список відходів цього класу входять брухт чорних металів (у т.ч. списане обладнання), брухт кольорових металів (у т.ч. списане обладнання, що вміщує кольорові метали, кабельна продукція), макулатура, зношене взуття та одяг, матеріали та вироби з пластмаси зіпсовані, списане комп'ютерне обладнання (крім джерел безперебійного живлення, акумуляторів), відходи деревини, будівельні відходи.

У національному законодавстві не визначено поняття «безпечні відходи», та, як слідство, відсутній механізм віднесення відходів до небезпечних або до безпечних. Всі промислові відходи відносилися до небезпечних. Інші відходи, а саме: відходи тваринного походження, побутові відходи, у тому числі ремонтні, залишалися відходами з невизначеним класом небезпеки.

В Україні з 1996 року введений в дію державний класифікатор відходів ДК 005-96, який входить в державну систему класифікації та кодування техніко-економічної і соціальної інформації.

Державний класифікатор відходів – систематизований перелік кодів та назв відходів, призначений для використання в державній статистиці з метою надання різнобічної та обґрунтованої інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів (відповідно до Закону України «Про відходи»).

Метою державного класифікатору відходів є надання інформації про утворення, накопичення, оброблення (перероблення), знешкодження та видалення відходів.

Класифікатор відходів забезпечує інформаційне підтримування у вирішенні питань державного управління відходами на базі системи обліку та звітності, гармонізованої з міжнародними системами.

Використання класифікатора відходів створює нормативну базу для проведення порівнювального аналізу структури та обсягу утворення відходів усіх видів економічної діяльності.

Запропонована класифікація відходів за вхідними компонентами, за виробничо-технологічними процесами і за кінцевою продукцією задовольняє вимогам до класифікації об'єктів, встановленим в міжнародних стандартах, і дає повну системну класифікацію всіх можливих об'єктів.

Мінекоресурсів України своїм наказом від 16.10.2000 р. № 165 затвердило Перелік небезпечних властивостей відходів. Небезпечні властивості відходів, наведені у цьому Переліку, відповідають системі класифікації небезпечних властивостей Рекомендацій ООН з перевезення небезпечних вантажів (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, ООН, Нью Йорк, 1998 р.).

Ідентифікація небезпечних властивостей відходів за цим Переліком здійснювалась при транскордонному перевезенні відходів, при складанні реєстрових карт об'єктів утворення, обробки та утилізації відходів тощо [12, 16].

Перелік не повною мірою відповідає переліку небезпечних властивостей відходів, які застосовуються у законодавстві Європейського Союзу для ідентифікації відходів як небезпечних. В Переліку не враховані наступні небезпечні властивості:

- подразнюючі;
- токсичні для специфічного органу (STOT) / токсичність при вдиханні;
- гостротоксичні;
- канцерогенні;
- їдкі;
- токсичні для розмноження;
- мутагенні;
- сенсibiliзаційні.

Об'єктами класифікації у класифікаторі є наступні види відходів:

- залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів тощо, утворені в процесі виробництва продукції або виконання робіт, які цілком або частково втратили вихідні споживчі властивості (відходи виробництва);

- розкривні і супутні гірничі породи, що видобуваються в процесі розроблення родовищ корисних копалин;
- залишкові продукти збагачення та інші види первинної обробки сировини (шлак, пил, відсів тощо);
- речовини та їх суміші, які утворені в термічних, хімічних та інших процесах і не є метою цього виробництва (шлак, зола, кубові залишки, інші тверді і пастоподібні утворення, а також рідини та аерозолі);
- залишкові продукти сільськогосподарського виробництва (у тому числі тваринництва), лісництва і лісозаготівель;
- бракована некондиційна продукція усіх видів економічної діяльності або продукція, що забруднена небезпечними речовинами і не придатна до використання;
- неідентифікована продукція (у тому числі мінеральні добрива, отрутохімікати, інші речовини), застосування (експлуатація) або вживання якої може спричинити непередбачені наслідки;
- зіпсовані (пошкоджені) і неремонтопридатні чи відпрацьовані, фізично або морально зношені вироби та матеріали, які втратили свої споживчі властивості (відходи споживання);
- залишки продуктів харчування, побутових речей, пакувальних матеріалів тощо (побутові відходи);
- осади очисних промислових споруд, споруд комунальних та інших служб;
- залишки від медичного та ветеринарного обслуговування, медико-біологічної та хіміко-фармацевтичної промисловості, аптечної справи;
- залишкові продукти усіх інших видів діяльності підприємств, установ, організацій, населення;
- матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені чинними нормативами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається (радіоактивні відходи).

Структурно класифікатор відходів складається з двох частин:

- класифікації відходів (частина I), в тому числі специфічних відходів, що утворюються в сировинних, видобувних і обробних галузях економіки (розділ А, від А1 до А30, групи 01-36), а також специфічних відходів, що утворюються в сфері побутових послуг (розділ Б, від Б1 до Б8, групи 40-90);
- класифікації послуг, пов'язаних з відходами - (частина 2, розділ В, від В1 до В5, групи 1-5).

Класифікатор відходів ДК 005-96 складається з трьох розділів:

- відходи сировинних, видобувних та обробних галузей економіки (розділ А);
- відходи від надання послуг (розділ Б);

- послуги, пов'язані з відходами (розділ В).

У класифікаторі відходів прийнято 11-знакову структуру коду, яка складається з чотирьох частин (рис. 2.3) [29].

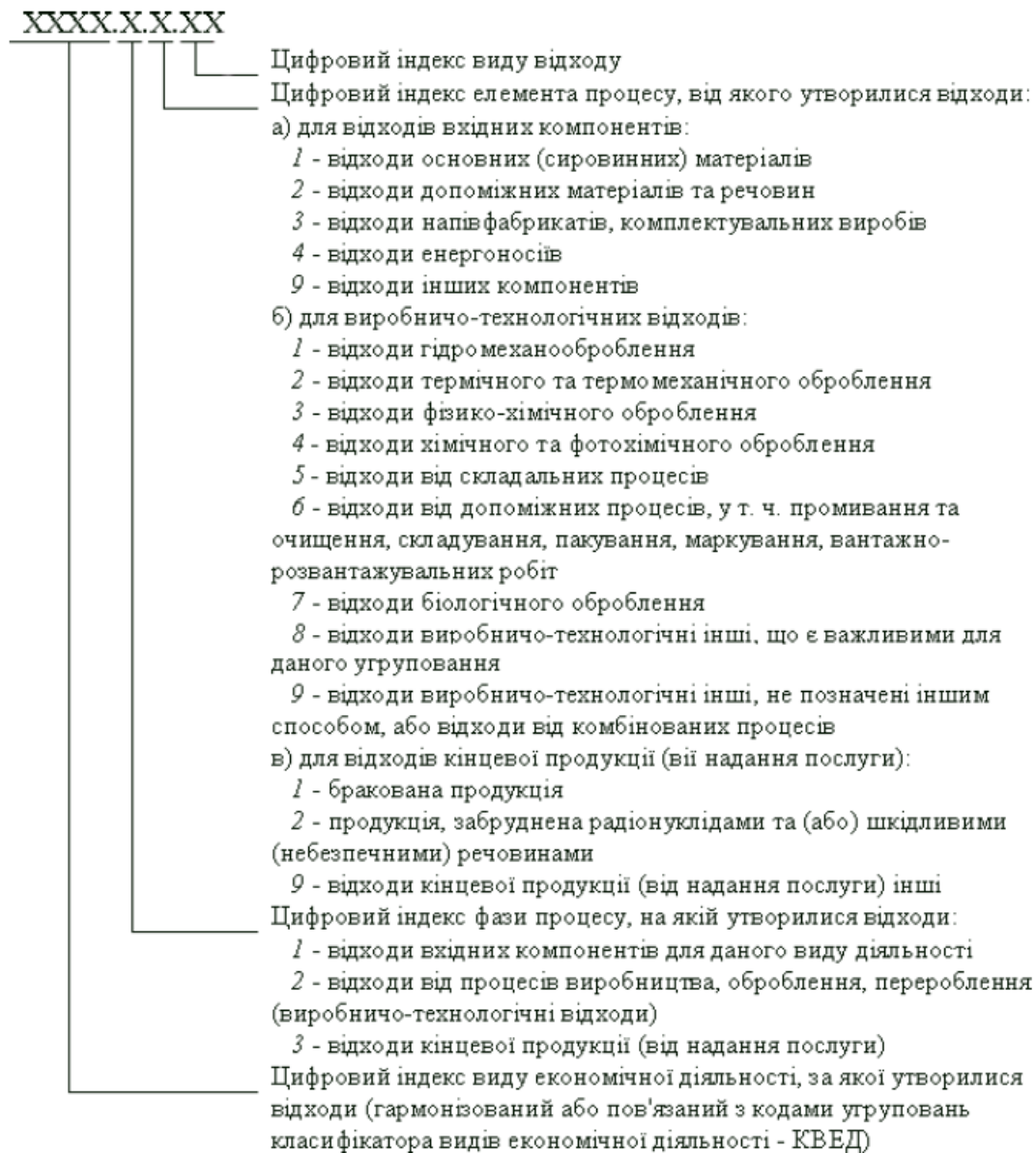


Рисунок 2.3 – Структура класифікатора відходів [29]

В класифікаторі відходів обрані наступні класифікаційні ознаки відходів:

- вид економічної діяльності, під час якої утворилися відходи, - це перші чотири цифрові позиції (XXXX). Цифровий індекс виду економічної діяльності, за якої утворилися відходи (група 1), гармонізований або пов'язаний з кодами угруповань класифікатора ДК 009-96 «Класифікація видів економічної діяльності»;
- фаза процесу, на якій утворилися відходи – це 5-та цифрова позиція (XXXX.X), вона може бути позначена цифрами 1...3;
- складовий елемент процесу, від якого утворилися відходи - це 6-та цифрова позиція (XXXX.X.X), може бути позначена цифрами 1...9.

Дві останні - 7-а і 8-а цифрові позиції - це цифровий індекс конкретного відходу, який визначається за класифікатором відходів ДК 005-96.

Наведемо приклад кодування відходів комунальних (міських) змішаних у тому числі сміття з урн – 7720.3.1.01. Такий код має наступне розшифрування:

77 – відходи діяльності установ громадського харчування, технічного обслуговування та ремонту устаткування, приладів та виробів інших, відходи комунальні та аналогічні неспецифічні промислові інші;

7720 – відходи комунальні (міські) інші;

7720.3 – відходи кінцевої продукції (від надання послуг);

7720.3.1 – бракована продукція.

## **2 Основні вимоги до зберігання відходів**

Негативний вплив промисловості виражається у впливі на конкретні частини природи та біосферу в цілому відходів від процесів видобутку і переробки природних ресурсів.

Відходи виробництва та споживання є джерелами антропогенного забруднення навколишнього середовища в глобальному масштабі й виникають як неминучий результат споживчого відношення й незадовільно низького коефіцієнту використання ресурсів.

У випадку небезпеки із санітарно-гігієнічної точки зору, відходи можуть бути захороненні тільки після попереднього знешкодження [12, 16].

Збирання та тимчасове зберігання промислових відходів на промислових майданчиках. Кожне промислове підприємство повинно розробити інструкцію та план заходів щодо збирання і тимчасового розміщення (зберігання) промислових відходів на промислових майданчиках відповідно I, II та III класів небезпеки.

Відходи, в міру їх накопичення, збирають у тару, призначену для кожного класу з дотриманням правил безпеки, а потім доставляють для тимчасового зберігання на промисловий майданчик (цех, ділянка, склад) і залишають на відведеному місці для подальшого перевезення на об'єкти утилізації, місця знешкодження або захоронення.

На територіях військових частин, виправних закладів та інших об'єктах, які мають особливий режим роботи, забороняється розміщувати об'єкти поводження з токсичними відходами.

На кожне місце (об'єкт) зберігання відходів складається спеціальний паспорт, у якому зазначаються технічні характеристики місця, найменування та код відходів (згідно з державним класифікатором відходів), їх кількісний та якісний склад, походження, а також відомості про методи контролю та безпечної експлуатації цих місць (об'єктів).

Способи тимчасового зберігання відходів і розміри санітарно-захисних зон від місця зберігання відходів (промисловий майданчик) до селитебної території, визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- для відходів гірничодобувної промисловості, золошлакових сумішей металургійних підприємств і об'єктів енергетики санітарно-захисна зона встановлюється розрахунковим методом, але не менше 300 м,
- для відходів хімічних підприємств 3000 м;
- відходи I класу небезпеки зберігають у герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення, тару з відходами закривають герметично сталюю кришкою, а при необхідності заварюють електрогазозварюванням;
- відходи II класу небезпеки зберігають, згідно до агрегатного стану, у поліетиленових мішках, пакетах, діжках та інших видах тари, що запобігає розповсюдженню шкідливих речовин (інгредієнтів);
- відходи III класу небезпеки зберігають у тарі, що забезпечує локалізоване зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи і виключає розповсюдження у навколишньому середовищі шкідливих речовин;
- відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскидний автотранспорт і доставляють на місце утилізації або захоронення. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт при освоєнні території;
- відходи в рідкому і газоподібному стані, що зберігаються в герметичній тарі, а також токсичні відходи очисних споруд необхідно видаляти з території підприємства протягом доби або проводити їх знешкодження на промислових об'єктах;
- тверді відходи, в тому числі сипкі, які зберігаються в контейнерах, у пластикових, паперових пакетах або мішках, необхідно видаляти з території підприємства протягом двох діб;
- у випадку тимчасового зберігання відходів на стаціонарних складах або промислових приміщеннях, слід забезпечити вимоги ГОСТ 12.1.005-88 до повітря робочої зони.

Промисловий майданчик для тимчасового зберігання відходів (рис. 2.4) повинен розташовуватися на території підприємства з підвітряного боку, бути покритим неруйнівним та непроникним для токсичних речовин матеріалом (керамзитбетоном, полімербетоном та ін.) з автономним зливовідводом і нахилом у бік очисних споруд.

При цьому, попадання поверхневого стоку з майданчиків у загальний зливовідвід повинно бути виключено за рахунок обвалування і інших заходів.

Для зазначеного поверхневого стоку необхідні спеціальні очисні споруди, які забезпечуватимуть уловлювання токсичних речовин, очистку і їх знешкодження.



Рисунок 2.4 – Майданчики для тимчасового зберігання відходів [20, 21]

Слід передбачити ефективний захист відходів від дії атмосферних опадів та вітру. У місцях зберігання промислових відходів повинні бути передбачені стаціонарні або пересувні вантажно-розвантажувальні механізми для переміщення приймальників з відходами, їх завантаження для вивезення на полігони або в інші місця.

Конструкція приймальників повинна забезпечувати можливість їх перевезення автотранспортом.

Допустима кількість відходів на території промислового майданчика визначається підприємством за узгодженням з місцевими органами екобезпеки на основі класифікації відходів за класом небезпеки за їх фізико-хімічними властивостями, спрямованістю біологічної дії з урахуванням можливої комбінованої дії та можливістю підприємства щодо організації місця зберігання, перспективи знешкодження або утилізації відходів.

Лабораторний контроль за станом навколишнього середовища в районі розміщення майданчиків (місць) зберігання відходів здійснюється постійно відомчими санітарно-промисловими лабораторіями підприємства і періодично державними органами санітарно-епідеміологічної служби, водного нагляду, екологічної безпеки з використанням стандартизованих методик визначення шкідливих речовин у повітрі, воді та ґрунті.

Періодичність контролю, місця виміру і перелік шкідливих речовин, які контролюються, узгоджуються з місцевими органами самоврядування, державною санітарно-епідеміологічною та іншими контролюючими службами.

На підприємствах, де утворюються відходи, повинні бути розроблені, узгоджені з місцевими органами самоврядування, державної санітарно-епідеміологічної служби та екологічної безпеки і затверджені інструкції стосовно видалення і способу знешкодження токсичних промислових відходів.

Накопичення і зберігання відходів на промислових майданчиках підприємства допускається у таких випадках:

- при використанні відходів у наступному технологічному циклі з метою їх утилізації;
- при тимчасовій відсутності полігонів для захоронення відходів або відсутності транспортних засобів для вивезення відходів.

Всі промислові відходи, для яких розроблені методи вторинної переробки та раціонального використання їх у народному господарстві, підлягають використанню як вторинна сировина і не повинні вивозитися на полігони.

Транспортування небезпечних відходів дозволяється лише за наявності на них паспорта та дозволу (ліцензії) місцевих органів санітарно-епідеміологічної і екологічної служб транспортній організації на поводження з ними і тільки спеціально обладнаними для цього транспортними засобами, з відповідними позначками, що характеризують характер його використання.

Водії транспорту, які перевозять промислові відходи, повинні пройти спеціальний інструктаж з техніки безпеки при поводженні з токсичними відходами.

Кількість відходів, що перевозяться, не повинна перевищувати вантажний об'єм відповідного транспорту.

Транспортування промислових відходів не повинне призводити до забруднення навколишнього середовища в місцях їх завантажування, перевезення та розвантажування.

На підприємствах, які використовують відходи як сировину, повинні бути забезпечені високий рівень автоматизації і механізації технологічних процесів, а також технічні, технологічні та будівельні рішення для захисту довкілля.

Кінцевий продукт, виготовлений із використанням відходів, повинен мати висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи.

Утилізація відходів у сільському господарстві як добрив, меліорантів тощо дозволяється тільки після вивчення впливу їх на санітарний стан ґрунту та суміжних середовищ, біологічної оцінки сільгосппродукції.

При утилізації промислових відходів у будівельній індустрії (виготовленні бетонних блоків, цегли, будівництві шляхів, ґрунтових споруд, фундаментів будов, засипанні вироблених пустот тощо) необхідно отримати гігієнічний висновок щодо впливу токсичних інгредієнтів відходів на об'єкти довкілля (ґрунт, вода, повітря).

Кількість промислових відходів, які накопичуються в місцях їх утилізації, не повинна перевищувати двотижневої потужності виробничого устаткування по переробці відходів.

Загалом планування перевезення (транспортування) відходів передбачає складання маршрутів з обов'язковим врахуванням їх виду, стану і кількості, стану дорожнього покриття, вантажопідйомності та маневреності транспортних засобів, часу і розкладу руху (для уникнення перевезення у час пікових навантажень на дорогах), наявності облаштованих місць для завантаження відходів і т.п.

Знешкодження відходів здійснюється відповідно до вимог екологічної безпеки та за погодженням з державною санітарно-епідеміологічною службою України [12, 16].

Для охорони навколишнього середовища від забруднення промисловими відходами необхідно впроваджувати апробовані на практиці методи їх знешкодження:

- спільне оброблення частини промислових відходів з побутовими на заводах біотермічного компостування;

- термічне оброблення та заводське спалювання разом з побутовим сміттям;
- складування частини промислових відходів на полігоні побутових відходів;
- знешкодження токсичних промислових відходів (I–II класу) повинно відбуватися на спеціальних інженерних спорудах - полігонах захоронення токсичних промислових відходів.

Спосіб захоронення відходів вибирається в залежності від класу їх небезпеки, агрегатного стану, водорозчинності.

На небезпечні відходи, що вивозяться на місце захоронення (полігон, шламонакопичувач та ін.), повинні бути екологічні паспорти з хімічною характеристикою їх складу, з інструкцією щодо техніки безпеки при поводженні з ними і рекомендаціями щодо проведення першої допомоги при гострому отруєнні.

Промислові відходи III та IV класу небезпеки можуть вивозитися з дозволу місцевих органів санітарно-епідеміологічної і екологічної служб та пожежної інспекції на полігони твердих побутових відходів.

Тверді відходи IV класу небезпеки використовують на полігоні твердих побутових відходів як ізолюючий матеріал у середній та верхній частинах полігону, а тверді відходи III класу небезпеки можуть складуватися разом з побутовими відходами з дотриманням особливих умов.

### **3 Транскордонне перевезення небезпечних відходів**

Небезпечні відходи у разі їх транскордонного перевезення підлягають класифікації згідно з МКІВ (Міжнародним кодом ідентифікації відходів), крім випадків, коли транскордонне перевезення (рис. 2.5) здійснюється на підставі відповідного міжнародного договору, у якому зазначається інший метод класифікації.

Інструкція з отримання МКІВ затверджується Мінекоресурсів.

Перевезення здійснюється відповідно до Постанови Кабміну України від 13 липня 2000 р. № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів».

Постанова була прийнята для виконання міжнародних зобов'язань України, що впливають з її участі у Базельській конвенції про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх видаленням (1989 р.) та з метою забезпечення дотримання вимог екологічної безпеки під час транскордонних перевезень небезпечних відходів



Рисунок 2.5 – Транспорт для перевезення небезпечних відходів компанії «Cargol» [22]

Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням набрала чинності в Україні є 23.07.1999 р. Сфера дії цієї Конвенції описана в статті 1 і складається в наступному:

1. Для цілей цієї Конвенції серед відходів, які є об'єктом транскордонного перевезення, «небезпечними відходами» вважаються такі:

а) відходи, що входять до будь-якої категорії, наведеної у додатку I, крім випадку, коли вони не мають якої-небудь із властивостей, наведених у додатку III; і

б) відходи, які не охоплюються пунктом а), але які вважаються або визначені як небезпечні, згідно з внутрішнім законодавством держави експорту, імпорту або транзиту, що є Стороною.

2. Відходи, які належать до будь-якої категорії, наведеної у додатку II та які підлягають транскордонному перевезенню, вважаються для цілей цієї Конвенції "іншими відходами".

3. Відходи, які через їхню радіоактивність підпадають під інші міжнародні системи контролю, в тому числі під дію міжнародних документів, що спеціально застосовуються до радіоактивних матеріалів, виключаються із сфери дії цієї Конвенції.

4. Відходи, що виникають в результаті звичайної експлуатації морських суден, скидання яких охоплюється іншими міжнародно-правовими документами, виключаються із сфери дії цієї Конвенції.

Відповідно до Статті 2 Конвенції «Транскордонне перевезення» означає будь-яке переміщення небезпечних або інших відходів з району, який перебуває під національною юрисдикцією однієї держави, у район чи через район, який перебуває під національною юрисдикцією іншої держави, або у район чи через район, який не перебуває під національною юрисдикцією будь-якої держави, за умови, що таке перевезення стосується принаймні двох держав.

## 4 Склад і властивості побутових відходів

Склад і властивості побутових відходів досліджуються за спеціальною методикою з урахуванням нормативно-правової документації та вимог закону України «Про відходи» [12, 16, 14, 18].

Щільність відходів України становить у середньому  $0,19...0,23 \text{ т/м}^3$ . Щільність ТПВ коливається залежно від благоустрою житлового фонду та пори року. Для упорядженого житлового фонду щільність ТПВ у весняно-літній сезон становить  $0,18...0,22 \text{ т/м}^3$ , в осінньо-зимовий сезон –  $0,2...0,25 \text{ т/м}^3$ , для неупорядкованого житлового фонду із пічним – опаленням  $0,3...0,6 \text{ т/м}^3$ . Чим більше паперу та різного пластмасового пакування, тим менша щільність ТПВ.

Зі збільшенням вологості щільність ТПВ підвищується. У майбутньому щільність ТПВ більших міст за рахунок збільшення кількості різних упакувань знизиться до величини, близької  $0,1 \text{ т/м}^3$ . У великих містах Європи й Америки щільність ТПВ близька до цього показника.

Зв'язність і зчеплення. Папір і картон, текстиль і пластмасові плівки формують структуру ТПВ та надають їм механічної зв'язності. Липкі та вологі компоненти забезпечують зчеплення. Ці властивості ТПВ сприяють сводоутворенню та зависанню на стінках бункерів та стрижнях ґрат. Так, через ґрати  $30 \text{ на } 30 \text{ см}$  ТПВ самостійно не провалюються, і для їхнього проштовхування потрібні додаткові зусилля. На стінках бункерів з кутами  $65...70^\circ$  відбувається налипання та зависання ТПВ. При тривалому зберіганні ТПВ злежуються, самоущільнюються та втрачають сипкість.

Компресійні властивості. Для зменшення загального обсягу ТПВ під час перевезення й складування на полігонах важливо знати їхні компресійні властивості, тобто вплив тиску на ступінь ущільнення.

При пошаровому ущільненні на полігонах при питомому тиску, що дорівнює  $0,1 \text{ МПа}$ , обсяг ТПВ, вивантаженого із сміттєвоза, зменшується в  $3...4$  рази.

При пресуванні ТПВ у сміттєвозі при питомому тиску, що дорівнює  $0,1 \text{ МПа}$ , їхній обсяг зменшується в  $1,5...3$  рази.

При підвищенні питомого тиску до  $0,3...0,5 \text{ МПа}$  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  $0,8 \text{ т/м}^3$  і більше.

При підвищенні питомого тиску до  $10...20 \text{ МПа}$  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  $60 \text{ МПа}$  відбувається майже повне віджимання вологи, але обсяг практично вже не змінюється. Мікробіологічне життя в такому матеріалі вповільнюється.

Абразивні та корозійні властивості. Зіскоблювання тертьових поверхонь відбувається за рахунок баластових фракцій (метал, бій скла, фаянсу, кістки й ін.). У зв'язку із цим ТПВ мають абразивність і можуть стирати дотичні з ними поверхні. При контакті з металами ТПВ мають кородуючий вплив, що пов'язаний з їхньою високою вологістю, наявністю у фільтраті розчинів різних солей і кислим середовищем (значення рН складає 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<sup>3</sup> до 0,5 т/м<sup>3</sup> 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. При висиханні 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.

Морфологічний склад ТПВ значною мірою залежить від кліматичних умов, пори року, часу, що пройшов з моменту їхнього утворення, ступеня благоустрою житла, наявності системи роздільного збору ТПВ, у т.ч. харчових відходів, рівня добробуту мешканців та ін.

Морфологічний склад ТПВ характеризуються такими основними компонентами:

- папір;
- картон;
- харчові відходи;
- дерево;
- метал (чорний і кольоровий);
- текстиль;
- шкіра, кістки;
- полімерні матеріали та інші.

У єдиній методиці, прийнятій Європейськими країнами, за необхідності додається компонент «садові відходи».

Співвідношення цих компонентів, їх кількісний і фракційний склад залежать від ступеня благоустрою житлового фонду, кліматичних і географічних особливостей, чисельності населення, соціального й економічного рівня життя,

наявності або відсутності технології сортування й обробки відходів і їхнє місце в технологічному ланцюжку відходоповодження [12, 15-17].

Морфологічний склад твердих побутових відходів у різних країнах відрізняється, що обумовлено соціально-економічною ситуацією. Усереднений склад ТПВ наведено на рис. 2.6.

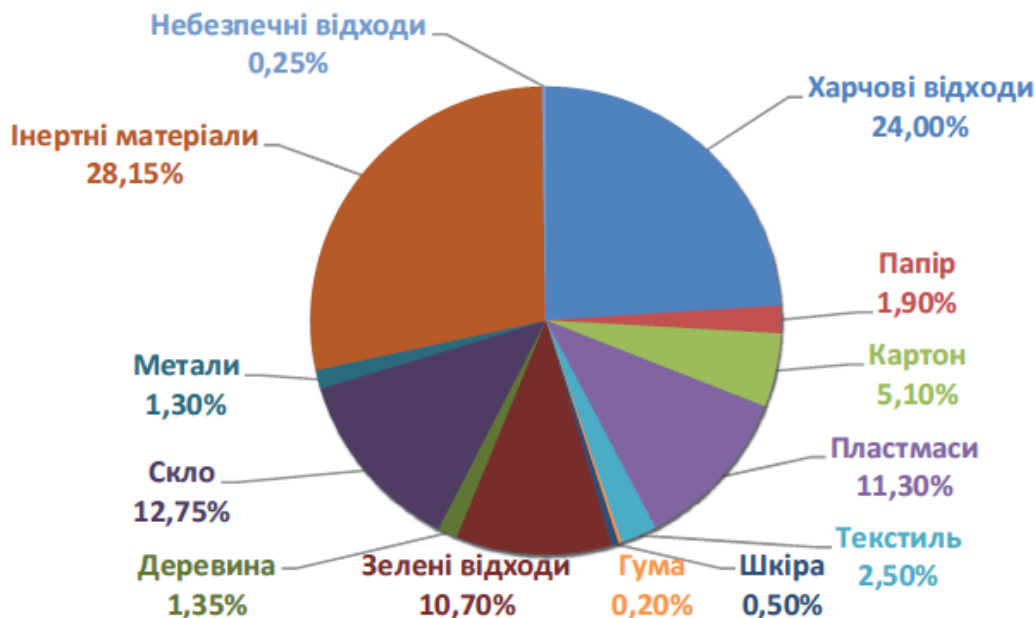


Рисунок 2.6 – Типовий морфологічний склад ТПВ

Сезонні зміни складу ТПВ характеризуються збільшенням змісту харчових відходів з 25...28 % навесні до 30...40 % восени, що пов'язане зі збільшенням споживання овочів і фруктів у раціоні населення.

## Контрольні питання до розділу 2

1. На які дві великі групи можемо поділити відходи?
2. Які класифікації відходів існують? Назвіть категорії відходів за походженням.
3. Що таке небезпечні відходи? Скільки класів небезпеки відходів існує?
4. Дайте визначення Державному класифікатору відходів.
5. Які параметри визначають способи тимчасового зберігання відходів?
6. Яким чином здійснюється лабораторний контроль за станом навколишнього середовища в містах зберігання відходів?
7. Відповідно до яких вимог здійснюється знешкодження відходів?
8. Згідно якої Постанови Кабміну України здійснюється транскордонне перевезення небезпечних відходів?
9. Перечисліть властивості побутових відходів.
10. Від чого залежить співвідношення кількісного та фракційного складу ТПВ?

## РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ СПОСОБИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

Вибір доцільного способу поводження з побутовими і промисловими відходами визначається у результаті проведення комплексного техніко-економічного аналізу проблеми.

У практиці поводження з побутовими відходами застосовують наступні види аналізу:

- Екологічний - проведення моніторингу та класифікації відходів, визначення ступеня їх токсичності та впливу на навколишнє середовище;
- Ресурсний - передбачає оцінку відходів як джерела сировини;
- Технічний - передбачає опрацювання інформації щодо ефективних маловідходних та екологічно чистих технологій за галузями, технологій утилізації та знешкодження відходів;
- Економічний - спрямовується на забезпечення економічної ефективності поводження з відходами, оцінки ефектів мінімізації утворення відходів та їх утилізації, створення нових робочих місць;
- Соціальний - розглядає механізми взаємодії громадськості та установ, які працюють у сфері утилізації, підвищення рівня обізнаності та інформованості населення у питаннях поводження з відходами, участь громадськості в процесах планування, впровадження та експлуатації систем збору та переробки відходів;
- Фінансовий - передбачає визначення необхідних витрат, забезпечення основи для планування та підвищення ефективності роботи операторів, мобілізації необхідних інвестиційних ресурсів;
- Інституційний - передбачає аналіз ефективності механізму поводження з відходами на муніципальному рівні.

Кожний із цих видів аналізу не є самодостатнім і вимагає комплексного поєднання зусиль задля забезпечення ефективності поводження з відходами.

Використання відходів того чи іншого виду залежить від наступних чинників:

- об'єм партії відходів,
- економічна рентабельність транспортування відходів від місць їхнього утворення до місця переробки,
- склад і особливі властивості відходів,
- попит на продукцію, яка отримується на їхній основі,
- наявність відповідних технологій утилізації.

Залежно від споживчих властивостей відходи як вторинну сировину поділяють на чотири категорії:

- відходи, що є високоякісною вторинною сировиною, переробка якої в місцевих умовах дозволяє отримувати продукцію, яка користується постійним попитом і забезпечує високу рентабельність виробництва;

- відходи, що є вторинною сировиною середньої якості, переробка якої дозволяє випускати продукцію, яка користується попитом, однак доходи від її реалізації приблизно дорівнюють витратам на збирання, первинну обробку та остаточну переробку;
- малопридатні для безпосередньої утилізації відходи, затрати на переробку яких перевищують доходи від їхнього використання або для переробки яких відсутні прийнятні технологічні рішення;
- небезпечні відходи, що не підлягають утилізації, переробка яких здійснюється тільки для їхнього знешкодження за рахунок постачальника таких відходів, або за рахунок цільового чи іншого спеціального фінансування.

Директивою Європейського Парламенту та Європейської Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року встановлено основні правила поводження з відходами, що дозволяють зменшити захоронення відходів та забезпечити економію ресурсів завдяки повторному використанню та переробленню вторинної сировини [4, 9, 12, 16, 27].

Цей документ встановлює п'ятиступеневу ієрархію управління відходами (рис. 3.1), яка базується на пріоритетах запобігання утворенню відходів та їх залучення у вторинний оборот.



Рисунок 3.1 – П'ятиступенева ієрархія управління відходами

Основні кроки в порядку їхньої пріоритетності та безпечності для довкілля, які відображені в ієрархії із запобігання утворенню відходів та управління ними, виглядають наступним чином:

1. Запобігання утворенню.
2. Повторне використання.
3. Перероблення (рециклінг).
4. Інші види утилізації (наприклад, отримання теплової енергії).

## 5. Видалення відходів на сміттєзвалища (захоронення).

У 2015 р Європейська комісія прийняла програму «Замикаючи коло: План дій ЄС щодо створення циркулярної економіки».

Центральна ідея програми:

- все, що можливо, має піддаватися вторинній переробці;
- продукти, матеріали і ресурси повинні залишатися всередині економіки якомога довше;
- утворення відходів має бути зведеним до мінімуму.

Існуючі способи знешкодження, утилізації та поховання токсичних відходів поділяються на три групи:

- термічні: вогневий; рідкофазне окиснення; газифікація; піроліз; плазмовий;
- хімічні: фізико-хімічна переробка (коагуляція, адсорбція, екстракція, флотація, йонування, електрохімія); хімічне очищення (нейтралізація, окиснення); мембранні та електрохімічні методи;
- іммобілізація: компактування; локалізація; депонування.

## 1 Розміщення відходів

Розміщення (складування та захоронення) відходів включає операції з видалення відходів, визначених Базельською конвенцією про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх видаленням та постановою Кабінету Міністрів України від 13.07.2000 року № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів», а саме:

- D1 Поховання в землі чи скидання на землю (звалище, тощо);
- D2 Обробка ґрунтом (біохімічний розклад рідких чи мулових відходів у ґрунті тощо);
- D3 Закачування на глибину (вприскування відходів відповідної консистенції у свердловини, соляні куполи чи природні резервуари тощо);
- D4 Скидання у поверхневі водойми (скидання рідких або мулових відходів у котловани, ставки чи відстійні басейни тощо);
- D5 Скидання на спеціально обладнані звалища (наприклад скидання в окремі відсіки з прокладкою і поверхневим покриттям, які ізолюють їх один від одного і навколишнього середовища, тощо);
- D6 Скидання у водойми, крім морів / океанів;
- D7 Скидання у моря/океани, в тому числі поховання на морському дні;
- D12 Постійне зберігання (наприклад у спеціальних контейнерах у шахті).

У залежності від стану твердих промислових відходів розрізняють гідралічний (для відходів, що утворюються при мокрому способі збагачення) і сухий способи складування.

Критичний екологічний вплив на навколишнє середовище сміттєзвалищ пов'язаний з тим, що значна їх частина не підготовлена для виконання своїх функцій, а основна частина відходів, що видаляють, не проходить попереднє сортування.

На сміттєзвалища України часто потрапляють відходи з небезпечними хімічними речовинами, що є неприпустимим з погляду екологічної безпеки.

Відходи, які не вдалося утилізувати, необхідно розмішувати на спеціально обладнаних полігонах, що дозволяє знизити рівень загрози здоров'ю населення від отруєння ґрунтових вод, розмноження переносників захворювань, випаровувань з неприємними запахами, диму від виникаючих самозаймань. Для організації полігону потрібно вилучення з господарського обороту великих територій, які на десятиліття вперед стають непридатними для будь-якої іншої господарської діяльності.

Недоліками захоронення є те, що захоронені відходи під шаром ґрунту розкладаються, отруюють його, тим самим на такій ділянці землі в подальшому неможливо проводити сільськогосподарську діяльність та здійснювати будівельні роботи.

Крім цього, знижується цінність земель і взагалі майна, розташованого в безпосередній близькості від полігону, що завдає економічну шкоду власникам, в першу чергу жителям прилеглих територій [8, 9].

## 2 Термічна переробка відходів

Термічна переробка (рис. 3.2) дозволяє максимально знешкодити відходи, зменшити в 4...10 разів обсяг складованого на полігоні матеріалу та використати енергетичний потенціал органічних відходів.



Рисунок 3.2 – Основні види термічної переробки відходів

У Європі застосовується термін - «відходи в енергію», що відображає різні види технологій обробки відходів для отримання енергії у формі теплової, електричної чи альтернативного палива.

Основна мета термічної переробки твердих побутових відходів полягає в тому, щоб зменшити їх обсяг і масу, а також зробити відходи хімічно інертними.

В якості супутнього ефекту спалювання твердих побутових відходів досягається отримання енергії, а також незгорілих залишків мінералів і металів.

При спалюванні хімічна енергія органічних компонентів перетворюється у теплову енергію, яка може бути спрямована споживачами у вигляді теплової або електричної енергії [12, 16].

Ряд складових побутових відходів є цінною сировиною для переробної галузі, яку можливо ефективно утилізувати (папір, картон, пластик).

Спалювання цих цінних матеріалів з метою вироблення тепла та електроенергії стримує зусилля щодо збереження ресурсів.

Спалювання відходів потребує великих інвестицій, але при цьому створюється дуже мало робочих місць.

В той же час, повторне використання та переробка відходів, навпаки, приносить користь всій економіці, створюючи принаймні в десять разів більше робочих місць, ніж сміттєспалювальні заводи.

В ЄС отримання енергії від спалювання твердих побутових відходів вважається варіантом з найменшим рівнем підтримки.

Отримання енергії з твердих побутових відходів Європейським Союзом згідно Директиви 2009/28/ЄС не підлягає стимулюванню (заохоченню) державою у вигляді «зелених» тарифів [8-10].

Відповідно до Закону України «Про відходи» спалювання побутових відходів дозволяється лише на спеціально призначених для цього підприємствах та лише в енергетичних цілях з метою одержання теплової та/або електричної енергії [18].

У статті 20 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» зазначено, що не допускається спалювання промислових та побутових відходів, які є джерелами забруднення атмосферного повітря забруднюючими речовинами та речовинами з неприємним запахом або іншого шкідливого впливу на території населених пунктів, за винятком випадків, коли це здійснюється з використанням спеціальних установок при додержанні вимог, встановлених законодавством про охорону атмосферного повітря [28].

### **3 Промислова переробка відходів**

Рециклінг – це процес переробки відходів у матеріал, який можна використовувати повторно.

Він сьогодні вважається основою промисловості майбутнього.

Незважаючи на те, що повне суспільне розуміння ролі рециклінгу, а також його господарське застосування вимагають часу і грошей, це є невідворотною тенденцією розвитку цивілізації.

Доцільність утилізації відходів підтверджується результатами оцінки частки енергоспоживання при виробництві 1 т вторинного матеріалу до рівня енергоспоживання на виробництво первинного матеріалу.

Найбільш ефективно утилізація може здійснюватися на тих самих підприємствах, на яких ця продукція була вироблена.

В той же час утилізація часто проводиться на спеціально створюваних підприємствах з іншими, не характерними для даного матеріалу методами переробки, з метою використання за новим призначенням

Сьогодні в Україні працює 15 підприємств з переробки скла, 15 – з переробки паперу, 16 – з переробки металу, 19 – з переробки пластикових пляшок, 36 – з переробки вторинних полімерів.

Їх потужності завантажені не повністю. Для утилізації відсортовується лише близько 4,2 % відходів.

Утилізацію поділяють на три різновиди:

- Первинну - розуміють використання відходів у різних галузях народного господарства без попередньої глибокої фізико-хімічної переробки; під вторинною - використання продуктів спеціальної переробки відходів,
- Вторинну - у результаті процесів вторинної утилізації утворюються продукти іншого складу, ніж вихідні відходи,
- Змішану - включає як первинну, так і вторинну утилізацію.

Процеси утилізації і рекуперації переплітаються і взаємно доповнюються.

Для позначення матеріалу, з якого виготовлений предмет, і спрощення процедури сортування перед його відправкою на переробку для вторинного використання застосовують спеціальні знаки - коди переробки.

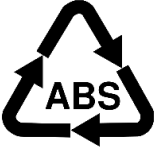
Такі знаки зазвичай ставлять на батарейках, акумуляторах, виробках зі скла, металу, паперу, пластмаси (табл. 3.1-3.5).

Числові позначення і скорочені назви матеріалів визначені в рішенні Європейської комісії 97/129/ЄС [23, 29, 65].

Таблиця 3.1

### Коди пластмас для вторинної переробки

| Знак                                                                                | Ідентифікатор матеріалу: ISO 1043 (97/129/ЄС) | Опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                   | 2                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|  | PET PETE або ПЕТ                              | Поліетилентерефталат: використовується при виготовленні тари для води, безалкогольних напоїв, соків. Наприклад: одноразові тарілки, склянки, пляшки для води, пива, молочних продуктів і рослинної олії. ПЕТ упаковки не використовується в мікрохвильовій печі та не розрахована для гарячої їжі. Термін використання такої тари не більше одного року, потім краще її не використовувати, тому що вона починає виділяти шкідливі речовини |
|  | HDPE або ПНД                                  | Поліетилен високої щільності або поліетилен низького тиску: з нього виробляють пакети для молока і води, гуртки, пластикові пакети. Використовують також як тару для шампунів, миючих засобів                                                                                                                                                                                                                                               |
|  | PVC або ПВХ                                   | Полівінілхлорид                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| 1                                                                                   | 2                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | LDPE або ПВД        | <p>Поліетилен низької щільності або поліетилен високого тиску: з нього виготовляють смітєві пакети, харчові плівки, м'які упаковки, вироби для упаковки промислових товарів, продуктів харчування, фармацевтичних продуктів. Визнаний безпечним при харчовому використанні. *</p>                                                                                                                                                                                                                                  |
|    | PP або ПП           | <p>Поліпропілен: визнаний безпечним для харчового використання. З PP виробляють склянки, банки, посуд для гарячих страв, пляшечки для годування дітей, харчову плівку і контейнери для продуктів. Такий посуд термостійкий, не схильна до корозійного розтріскування, витримує кип'ятіння без зміни своїх властивостей. Максимальна температура при використанні PP 120-130°C. У посуді з поліпропілену можна підігрівати їжу в мікрохвильовці, з неї можна пити гарячі напої (не любить контакту з алкоголем)</p> |
|  | PS або ПС           | <p>Полістирол: використовується у виробництві тари для продуктів (м'яса, риби, яєць). Посуд схожий на пінопласт, тендітний і жорсткий, легко тріскається, а при контакті з гарячим деформується. Цей посуд можна використовувати виключно для холодних харчових продуктів і напоїв. Він не придатний для гарячих продуктів, розігрівання їжі в мікрохвильовій печі, а також для алкогольних напоїв</p>                                                                                                             |
|  | OTHER або ІНШЕ      | <p>У цю групу відносять інші полімери, які не вказані вище, наприклад полікарбонат. Досить міцний посуд, не б'ється, переносить розігрів у мікрохвильовій печі та заморожування. Не токсичний для навколишнього середовища</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  | ABS або АБС-пластик | <p>Акрилонітрил бутадієн стиролу: з нього виготовляють корпуси моніторів і телевізорів, кавоварки, стільникові телефони, більшість комп'ютерного пластику</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

\* - Поліетилен (PE, ПЕ) безпечний при контакті з холодними продуктами, але тільки при наявності маркування - вилки та склянки. Він витримує температуру до 100°C, хімічно стійкий, не чутливий до ударів, при охолодженні застигає. Для глибокого заморожування продуктів, бажано використовувати спеціальні пакети

Таблиця 3.2

**Коди паперу для вторинної переробки**

| Знак                                                                               | Ідентифікатор матеріалу:<br>ISO 1043 (97/129/ЄС) | Опис                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | PAP (PCB)                                        | Картон гофрований: призначений для виготовлення коробок від побутової техніки, різні види гофроящиків                              |
|   | PAP                                              | Інші види картону: призначені для виготовлення упаковки з картону без гофрованого шару, різноманітний картон для творчості, і т.д. |
|   | PAP                                              | Папір для журналів та газет, конвертів, паперових пакетів, паперу для друку і т.д.                                                 |
|  | PBD (PPB)                                        | Поліграфічний картон для листівок, обкладинок книг                                                                                 |

Таблиця 3.3

**Коди акумуляторних батарей для вторинної переробки**

| Знак                                                                                | Ідентифікатор матеріалу:<br>ISO 1043 (97/129/ЄС) | Опис                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Lead                                             | Свинцево-кислотний акумулятор     |
|  | NiCd                                             | Нікель-кадмієвий акумулятор       |
|  | NiMH                                             | Нікель-метал-гідридний акумулятор |
|  | Li                                               | Літієва батарея                   |

Таблиця 3.4

## Коди металобрухту для вторинної переробки

| Знак                                                                              | Ідентифікатор матеріалу:<br>ISO 1043 (97/129/ЄС) | Опис     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
|  | FE                                               | Сталь    |
|  | ALU                                              | Алюміній |

Таблиця 3.5

## Символи рециклінгу

| Символ                                                                              | Значення символу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                   | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  | Знак у вигляді трикутника з трьох стрілок, що означають замкнений цикл (виробництво – застосування – утилізація), вказує, що дана упаковка придатна для подальшої переробки. Усередині трикутника можуть бути одна або дві цифри, які вказують на тип пакувального матеріалу: 1...19 – пластик, 20...39 – папір та картон, 40...49 – метал, 50...59 – деревина, 60...69 – тканини і текстиль, 70...79 – скло. |
|  | Цей знак означає, що пакувальний матеріал вироблений з повторно переробленої сировини або містить частку повторно переробленого матеріалу                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  | Знак «дбай про чистоту». Цей знак означає, що упаковку треба викинути до урни безпосередньо після споживання її вмісту. Часто біля цього знака може бути символ, який говорить про те, що перед викиданням картонні коробки і упаковку від напоїв слід зім'яти, щоб вони займали менше місця і контейнер занадто швидко не заповнювався.                                                                      |
|  | Знак «викидай окремо». Розподіл упаковки: картон слід викинути до макулатури (бо це папір), а пластиковий (політилен -PE) мішок повинен потрапити до пластику                                                                                                                                                                                                                                                 |
|  | Знак «біодеградуєча упаковка» – знак, призначений для упаковок, що розкладаються і не виділяють шкідливих речовин                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><br><br> | <p>Європейське екологічне маркування European Ecolabel, використовується на добровільній основі, було введене в 1992 році для підтримки зусиль компаній по виведенню на ринок більш екологічних продуктів та послуг. Критерії визначення екологічності в European Ecolabel дуже жорсткі, характеристики продукту вимірюються і аналізуються на предмет дії на довкілля впродовж усього його життєвого циклу, включаючи отримання сировини на передвиробничому етапі, виробництво, збут і утилізацію продукту. Знак European Ecolabel – маркування, якому споживачі дійсно можуть довіряти, – отримують тільки ті продукти, які повністю відповідають цим жорстким екологічним стандартам</p> <p>Український знак екологічного маркування («Зелений журавлик») Продукція позначена цим знаком має поліпшені показники безпеки та екологічні характеристики, порівняно з продукцією, що відповідає загальнообов'язковим державним нормам безпеки відносно впливів на стан довкілля та здоров'я людини. Цей знак підтверджує, що продукція пройшла незалежну експертну оцінку дотримання вимог екологічних стандартів на усіх етапах життєвого циклу: від сировини до готового товару чи виробу, і навіть його споживчої тари чи пакування. Знак «Зелений журавлик» можна побачити на упаковці, етикетці різноманітних продуктів, товарів, виробів, а також рекламних матеріалах та інформаційних носіях. Під знаком розташовується код екологічного стандарту на відповідність якому пройшла сертифікацію маркована ним продукція</p> <p>Знак Miljömerket або «Білий лебідь» – позначає відповідність товару жорстким скандинавським екологічним нормативам. Побачивши на упаковці значок з голубом, ви можете бути впевнені, що отримали продукт, який не містить шкідливих людині і природі речовин, легко утилізуються</p> <p>The Blue Angel (Der Blaue Engel) – найстарший знак, який підтверджує екологічну безпеку. Це символ захисту довкілля. Він гарантує, що товари: зроблені за допомогою засобів, нешкідливих для довкілля; були перевірені на шкідливі речовини, такі як формальдегіди і розчинники; безпечні для використання в будинках та в офісах; не загрожують здоров'ю людей</p> |

### **Контрольні питання до розділу 3**

1. Назвіть основні види аналізу поводження з відходами?
2. Які пункти включає п'ятиступенева ієрархія управління відходами?
3. На які групи поділяються існуючі способи знешкодження, утилізації та поховання токсичних відходів?
4. Назвіть основні види термічної переробки відходів.
5. Як ви розумієте слово «рециклінг»?
6. Назвіть три різновиди утилізації.

## РОЗДІЛ 4 МЕТОДИ ЗБЕРІГАННЯ ВІДХОДІВ

При розробці нових ресурсозберігаючих та екологічно-небезпечних технологічних процесів, на стадії висновку по проекту необхідно передбачити знешкодження всіх видів відходів.

Але при сучасному розвитку науки й техніки неможливо виключити утворення токсичних відходів, що не утилізуються та не піддаються нейтралізації.

У цьому випадку доцільне захоронення відходів такого роду в спеціально створюваних для цього сховищах, де можна буде поховати промислові відходи до їхнього використання в майбутньому.

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.

Для захоронення відходів промисловості доцільно використовувати резервуари в геологічних формаціях: граніт, вулканічні породи, туфи, базальти, соляні товщі, гіпс, ангідрит, доломіт, глина, гнейси.

Такого роду сховища можуть існувати як самостійно, так і разом з гірничодобувними підприємствами на його шахтному полі.

Протягом останніх 70-ти років наша країна була й залишається одним із найбільшим постачальником різноманітних корисних копалин, при видобутку яких утворюються декілька мільярдів кубометрів непогашених порожнеч, або поступово вироблених просторів, придатних у більшому або меншому ступені для захоронення промислових відходів [8-10].

При цьому, слід зазначити, що надання надр для захоронення відходів виробництва та інших шкідливих речовин, скидання стічних вод допускається у виняткових випадках при додержанні норм, правил та вимог, передбачених законодавством України.

При розміщенні відходів необхідно дотримуватись ряду певних умов та обмежень:

- водонепроникність товщ та наявність над і під ними потужних водонесних товщ;
- повне виключення виникнення деформацій, здатних зробити товщу водопроникною (зрушення під дією власної маси; динамічні навантаження, викликані землетрусами, газодинамічними явищами, наземними вибухами та ін.);
- розміщення вдалині від населених пунктів, територій можливих появ повеней, селів, прориву дамб і гребель, осідання земної поверхні в результаті проведення гірських робіт;
- наявність способів і засобів, які дозволяють при необхідності оперативно й з повною гарантією навічно перекрити видобутки, через які відходи будуть подаватися у вироблені простори.

Поховання відходів (твердих) під землею зменшує забруднення поверхні, зменшує площу відчужених земель, але несе в собі небезпеку забруднення підземних вод, надр, у тому числі родовищ корисних копалин.

Близько 50 % промислових рідких відходів у світі скидають у відкриті водоймища без очищення.

Підземне захоронення відходів може здійснюватися на різних глибинах і гідродинамічних зонах літосфери.

Відповідно до цього сховища підрозділяються на:

- неглибокі – у зоні аерації й активного водообміну;
- середньоглибокі - нижче зони активного водообміну, у межах пластів температур 50...70°C;
- глибокі – на глибині понад 2000 м.

Для організації сховищ необхідний облік потужності зони аерації й фільтраційних властивостей порід, інтенсивності екзогенних геологічних процесів (карст, ерозія, зсув та ін.), що впливають на герметичність сховищ.

Сховище токсичних промислових відходів – складна геотехнічна система, складовими елементами якої є компоненти геологічного середовища (масив гірських порід, підземні води) і наземно-підземні інженерні споруди (вироблення, шпарини, комунікації).

Наземні полігони для зберігання промислових відходів використовуються в якості тимчасових, проміжних пунктів на шляху в сховища.

Відповідно до діючих положень по проектуванню й створенню наземних полігонів їх розміщення заборонене:

- поблизу родовищ прісних підземних вод та водоохоронних зон;
- поблизу родовищ мінеральних, лікувальних і промислових вод;
- на території зон охорони курортів;
- на території заповідників;
- у межах селитебних і рекреаційних зон населених пунктів.

Полігон – це інженерна споруда, яка призначена для складування та захоронення твердих побутових відходів, облаштування якої запобігає негативному впливу відходів на навколишнє природне середовище і відповідає санітарно-епідеміологічним і екологічним нормам.

Території полігонів захищаються від стоків поверхневих вод з вище розташованих земельних масивів.

Для перехоплення дощових та паводкових вод по межі ділянок полігону проектується водовідвідна канава.

На відстані 1...2 м від водовідвідної канави виконується огорожа полігону, біля якої на смузі шириною 5...8 м передбачається садіння дерев, прокладання інженерних комунікацій (водопровід, каналізація), встановлення щогл електроосвітлення.

По периметру ділянки полігону відсипаються високі насипи ґрунту для його послідовного використання на ізоляцію поверхні шарів укладених твердих побутових відходів.

На полігонах на глибині понад 1,5...2,5 м завжди виявляється фільтрат – отруйна рідина сіро-чорного кольору, що утворюється при захопленні розчинених і суспендованих твердих речовин і продуктів біологічного розкладу поверхневими водами, що потрапляють на територію звалища з атмосферними опадами.

Полігони розміщують на ділянках, де основою є глини, важкі суглинки, інші водотривкі породи. Рівень ґрунтових вод під дном полігону повинен знаходитися на глибині більшій 2 м [8-10].

Захист від забруднення ґрунтів і ґрунтових вод здійснюється шляхом створення спеціального протифільтраційного екрану з полімерної плівки, укладеного по всьому днищу і по бортам полігону, системи дренажу для відводу й очищення фільтрату, а також системи спостережних свердловин для контролю якості ґрунтових вод (рис. 4.1, 4.2).



Рисунок 4.1 – Підготовка ділянки сучасного полігону для захоронення відходів з використанням геомембрани HDPE [30]

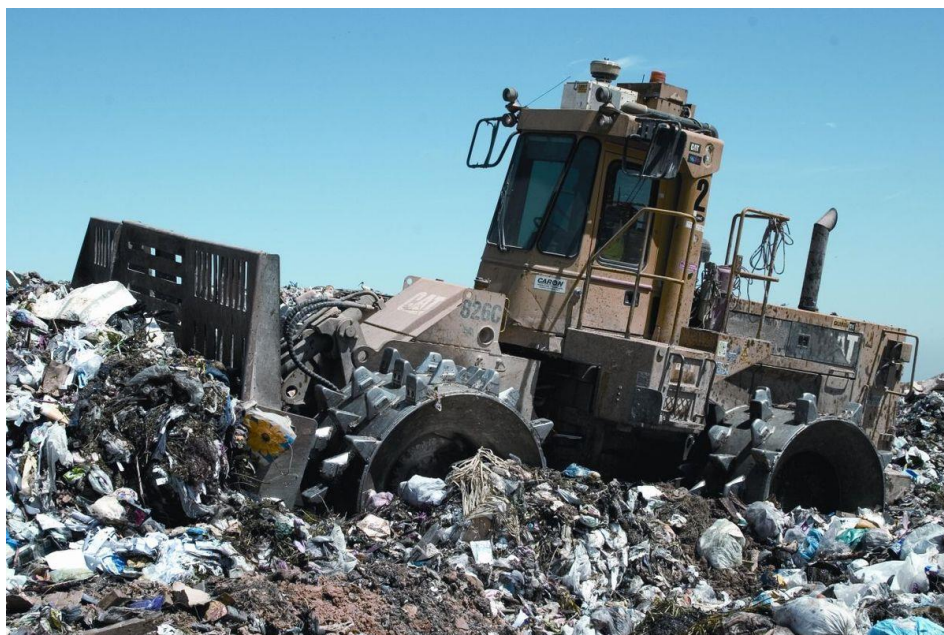


Рисунок 4.2 – Полігонне захоронення відходів [31]

Площа ділянки складування полігона розбивається на робочі карти (зони), які по черзі заповнюються відходами.

Після заповнення зони розвантаження відходи розрівнюються і ущільнюються: шаром до 0,5 м при ущільненні бульдозерами, шаром до 1,0 м при ущільненні котками- ущільнювачами.

З метою досягнення необхідного ступеня ущільнення та створення рівної поверхні бульдозери і котки-ущільнювачі мають здійснювати 3–5 проїздів.

Заповнення робочої карти триває до моменту, доки ущільнений шар відходів не досягне 2,0–2,5 м.

Після цього його укривають інертним ізолюючим шаром (грунт, глина, подрібнені будівельні відходи тощо) завтовшки не менше 20 см і ущільнюють.

З урахуванням невисоких експлуатаційних затрат полігони є найбільш розповсюдженим в Україні методом розміщення твердих побутових відходів.

Вони дозволяють одночасно позбутися великої кількості твердих побутових чи промислових відходів.

В той же час негативне ставлення населення і нові стандарти роблять відкриття полігонів із захоронення твердих побутових відходів все більш складною справою.

Зберігання вибухонебезпечних відходів, що представляють деяку цінність у майбутньому після створення технологій їхньої переробки й використання, найбільше доцільно в підземних сховищах з підвищеними заходами безпеки й можливою флегматизацією.

Знищення вибухонебезпечних відходів зв'язано зі значними витратами на забезпечення безпеки процесу.

Вимоги до розміщення сховищ вибухонебезпечних відходів аналогічні загальним захисним заходам для зберігання промислових відходів.

Для запобігання негативних наслідків захоронення вибухонебезпечних відходів, крім загальних вимог для ізоляції промвідходів з біосфери, необхідно:

- поміщення вибухонебезпечних відходів у тару для запобігання від всіх видів ініціюючих впливів;
- достатнє видалення від системи МЕР;
- використання якісної електропроводки для освітлення підсобних приміщень;
- запобігання від небажаних хімічних реакцій, у тому числі шляхом низької температури зберігання й флегматизацією;
- безпечні транспортування, навантаження-розвантаження вибухонебезпечних відходів.

Вибухонебезпечними речовинами й сумішами є:

- солі важких металів (СВМ) гримучої кислоти – фульминати;
- СВМ і органічні похідні азотоводневої кислоти – азиди, циануразиди;
- СВМ ароматичних оксинітросполук – пікрати, стивриати (нітрорезорцинати);
- похідні 5-членної гетероциклічної сполуки тетразолу;

- деякі похідні азотоводню тетразена, наприклад, гуанілнітрозо-аміногуанілтетразин;
- похідні амінів ароматичного ряду, солі діазопохідних – діазооксі, хінодіазиди;
- органічні перекиси;
- ацетиленіди деяких важких металів;
- динітробензофуроксени важких металів;
- нітросполуки – тротил, тетрил, гексоген;
- нітроестери – нітрогліцерин та ін.;
- нітропарафіни – нітрометан;
- гідрати гліколей – етиленгліколь;
- хлорати й перхлорати лужних металів;
- нітрати целюлози, деяких металів і газів;
- суміші горючих елементів з окислювачами;
- газОВО-повітряні суміші горючих летучих речовин.

Зберігання та поводження з радіоактивними відходами. Особливу небезпеку для людини становлять радіоактивні відходи (РВ) - матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені нормами радіаційної безпеки.

Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» (Стаття 1) виділяє довгоіснуючі та короткоіснуючі радіоактивні відходи:

- довгоіснуючі – радіоактивні відходи, рівень звільнення яких від контролю органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки досягається через 300 років і більше;
- короткоіснуючі – відходи, рівень звільнення яких досягається раніше, ніж через 300 років.

Радіоактивні відходи (РВ) - це: гази, розчини, різноманітні матеріали та вироби, біологічні об'єкти, в яких вміст радіонуклідів перевищує значення, встановлені діючими нормами і правилами, і які не підлягають подальшому використанню.

Радіоактивні відходи представляють небезпеку для людства, тому норми та правила по поводженню з РВ встановлюються Міжнародною комісією з радіологічного захисту (МКРЗ), Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) та Національними законодавчими документами:

- Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами»;
- «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України»;
- «Порядок проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів»;
- «Порядок проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів»

Ці документи регламентують порядок збору, видалення, зберігання і поховання РВ.

## **Контрольні питання до розділу 4**

1. Дайте визначення захороненню відходів.
2. Яких умов та обмежень необхідно дотримуватись при розміщенні відходів?
3. Дайте визначення сховищу токсичних промислових відходів і полігону.
4. Які особливості має зберігання вибухонебезпечних відходів?
5. Які відходи можемо назвати радіоактивними?
6. Якими документами встановлюються норми та правила по поводженню з радіоактивними відходами?

# РОЗДІЛ 5 ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

## 1 Знешкодження відходів шляхом сміттєспалювання

Спалювання відходів – це багатоступінчастий технологічний процес поводження з відходами, який дозволяє:

- значно скоротити початковий об'єм відходів (від 4 до 10 разів);
- привести до повного знешкодження наявних у відходах мікроорганізмів;
- отримати теплову енергію від спалювання відходів.

Накопичений досвід показав, що спалювання твердих побутових відходів не може повністю розв'язати проблему електро- і теплопостачання населених пунктів:

- теплота згоряння міського сміття у кілька разів нижча, ніж кам'яного вугілля;
- загальна кількість тепла, яку можливо отримати, є у кілька разів меншою за потреби населеного пункту – джерела цих відходів;
- собівартість теплової енергії, з урахуванням витрат на збір, транспортування та сортування відходів, а також на охорону навколишнього середовища, є вищою ніж при застосуванні у якості палива вугілля або природного газу.

Застосування спалювання вважається доцільним способом утилізації:

- попередньо розсортованих твердих побутових відходів, до яких неможливо застосувати методи рециклінгу;
- промислових відходів, в тому числі нафтозабруднених і токсичних;
- медичних відходів, в тому числі інфікованих;
- біоорганічних відходів, в тому числі трупів інфікованих тварин.

Установки для спалювання відходів можуть бути систематизовані по виду спалюваних відходів, по продуктивності, за конструкцією колосникової решітки, за характером використання продуктів згоряння, по типу допоміжного палива, що застосовується.

На сміттєспалювальних заводах застосовується декілька технологій спалювання відходів, які розрізняються в основному за типом печей.

Найбільше поширена в промислових масштабах знайшла технологія шарового спалювання.

Значно менше розповсюджені технології піролізу та газифікації твердих побутових відходів, а також технології спалювання киплячого шару.

Промислові печі – це технологічні або енерготехнологічні агрегати, у яких тепло спаленого твердого, рідкого або газоподібного палива або нагрівання, вироблене електричним струмом, використовується для технологічних або опалювальних цілей. Топка являє собою пристрій для спалювання палива в печах і парових казанах і є одним з елементів печі (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Печі для спалювання відходів [32]

Оскільки спалювання відходів не завжди супроводжується утилізацією тепла, варто розрізняти терміни «піч» і «топка».

Наприклад, барабанна установка або установка з киплячим шаром автотермічного спалювання відходів з наступною утилізацією тепла в точному значенні є топкою.

Однак у них може здійснюватися технологічний процес знешкодження негорючих і токсичних відходів і тоді, з точки зору впливу на матеріал, вони є печами.

В основу класифікації топкових пристроїв для спалювання відходів покладені ознаки аеродинамічного характеру як найбільш важливі, тому що ними визначається підведення окислювача до реагуючої поверхні, що в найбільшій мірі впливає на питому теплопродуктивність і економічність топкового процесу.

У цьому зв'язку розрізняють топки:

а) шарові – для спалювання кускового палива, наприклад нездрібнених твердих побутових відходів (ТПВ);

б) камерні – для спалювання газоподібних і рідких відходів, а також твердих відходів у пилоподібному стані;

в) факельно-шарові топки – де спалювання реалізується у комбінований спосіб.

Сутність спалювання у киплячому шарі полягає у тому, що через шар, попередньо подріблених до фракції 1–5 мм, відходів продувається висхідний потік повітря, який приводить всі частинки вихідного матеріалу у неперервний рух.

При певній швидкості подачі дуття завантажені відходи набувають основних властивостей рідини – рухливості та плинності.

Робоча камера печі з киплячим шаром, де знаходиться псевдозріджений матеріал, є камерою згорання відходів. Як залишковий продукт з печі виводиться шлак, а з системи пилоуловлювання пиловидна зола.

В умовах киплячого шару процеси згорання органічних часток проходять у невеликому реакційному просторі печі дуже інтенсивно, що забезпечує високу швидкість утилізації відходів. Такий спосіб є малоприсададним для утилізації змішаних відходів, оскільки утворюється висока кількість шлаків і викидів.

Піроліз (від грец. *pyr* – вогонь, жар і *lysis* – розкладання, розпад) відбувається при нагріванні органічного матеріалу за відсутності або нестачі кисню з утворенням ряду інгредієнтів.

У процесі піролізної переробки органічні речовини, які входять до складу відходів, перетворюються на піролізний синтез-газ або піролізне рідке паливо і твердий залишок, що становить 3–5 % від вихідної кількості відходів (рис. 5.2).



Рисунок 5.2 – Піролізний котел Ziehbart [33]

Метод піролізу вважається перспективним напрямком переробки відходів як з точки зору екологічної безпеки, так і отримання вторинних корисних продуктів (синтез-газу, рідкого палива, вуглецевого залишку, металів), які знаходять застосування у господарчій діяльності.

Піролізна газифікація дає можливість екологічно безпечно і технічно просто переробляти відходи без їх попередньої підготовки (сортування, сушіння).

Метод є потенційно ефективним, але на практиці піролізні установки застосовують головним чином для переробки однорідних промислових відходів (наприклад, автомобільних шин), а для утилізації побутових відходів їх використовують ще досить рідко (рис. 5.3).

Існує два різних типи піролізу токсичних промислових відходів: окисний та сухий.

Окисний піроліз – процес термічного розкладання промислових відходів при їхньому частковому спалюванні або безпосередньому контакті з продуктами згорання палива.



Рисунок 5.3 – Піролізні твердопаливні котли з газифікацією деревини VERNER V75 [34]

Даний метод застосовується для знешкодження багатьох відходів, у тому числі «незручних» для спалювання або газифікації: важких, пастоподібних відходів, вологих осадів, пластмас, шламів з великим вмістом золи, забруднену мазутом, маслами й іншими сполуками землю, тобто тих відходів, які можуть давати згодом значне запилення навколишнього середовища.

Крім цього, окисному піролізу можуть піддаватися відходи, що містять метали та їх солі, які плавляться та розгортаються при нормальних температурах спалювання, відпрацьовані шини, кабелі в здрібненому стані, автомобільний скрап та ін.

Метод окисного піролізу є перспективним напрямком ліквідації твердих промислових відходів і стічних вод.

Сухий піроліз – процес термічного розкладання без доступу кисню. В результаті утворюється піролізний газ з високою теплотою згорання, рідкий продукт і твердий вуглецевий залишок.

Цей метод термічної обробки відходів забезпечує їх високоефективне знешкодження і використання в якості палива і хімічної сировини, що сприяє створенню маловідходних і безвідходних технологій і раціонального використання природних ресурсів.

Залежно від температури, при якій протікає піроліз, різняться:

1. Низькотемпературний піроліз чи полукоксовання ( $450...550^{\circ}\text{C}$ ). Для даного виду піролізу характерний максимальний вихід рідких і твердих (напівкокс) залишків і мінімальний вихід піролізного газу з максимальною теплотою згорання. 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°C) дає вихід великої кількості газу з меншою теплотою згоряння і меншої кількості рідкого залишку і коксу.

3. Високотемпературний піроліз або коксування (900...1050°C). 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.

Газифікація є термохімічним високотемпературним процесом взаємодії органічної маси або продуктів її термічної переробки з газифікуючими агентами, в результаті чого органічна частина або продукти її термічної переробки перетворюються в горючі гази.

Газифікація застосовується для утилізації твердих і пастоподібних органічних відходів. У якості газифікуючих агентів застосовують повітря, кисень, водяний пар, діоксид вуглецю, а також їх суміші. Її суть полягає у переробці відходів при температурі 600...1100°C у середовищі з водяною парою або вуглекислим газом в присутності кисню у кількості, яка є недостатньою для повного згорання.

У реакторі підтримується відновна атмосфера, що виключає утворення оксидів сірки або азоту.

При газифікації отримують генераторний газ – газоподібна суміш продуктів неповного окислення, наприклад, CO, а також HCl, альдегіди, феноли, вуглеводні.

В порівнянні з прямим спалюванням твердих побутових відходів використання генераторного газу в екологічному відношенні є більш чистим процесом.

Установки плазмової газифікації (рис. 5.4) забезпечують утилізацію токсичних відходів при температурах, що перевищують 5500°C.



Рисунок 5.4 – Установка плазмової газифікації Alter NRG [35]

Плазмові установки дозволяють переробляти різномірні токсичні відходи при їх мінімальній попередній підготовці і утворенні малотоксичних продуктів утилізації. Кінцеві органічні продукти процесу плазмової газифікації можуть використовуватися у якості горючих рідин.

Неорганічні речовини зі складу відходів виводяться у вигляді інертного шлаку, який після охолодження перетворюється у безпечний нерозчинний у воді продукт, який можна застосовувати, наприклад, у якості наповнювача будівельних матеріалів.

Технологія плазмової газифікації є відносно новою малопоширеною розробкою, більш складною та енергомісткою у порівнянні зі спалюванням.

Сушіння – процес видалення вологи з твердого або пастоподібного матеріалу шляхом випару рідини, що міститься в ньому, за рахунок підведеного до матеріалу тепла.

Це термічний процес, який вимагає значних витрат тепла. Сушіння широко застосовується в хімічній, хіміко-фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості (рис. 5.5).

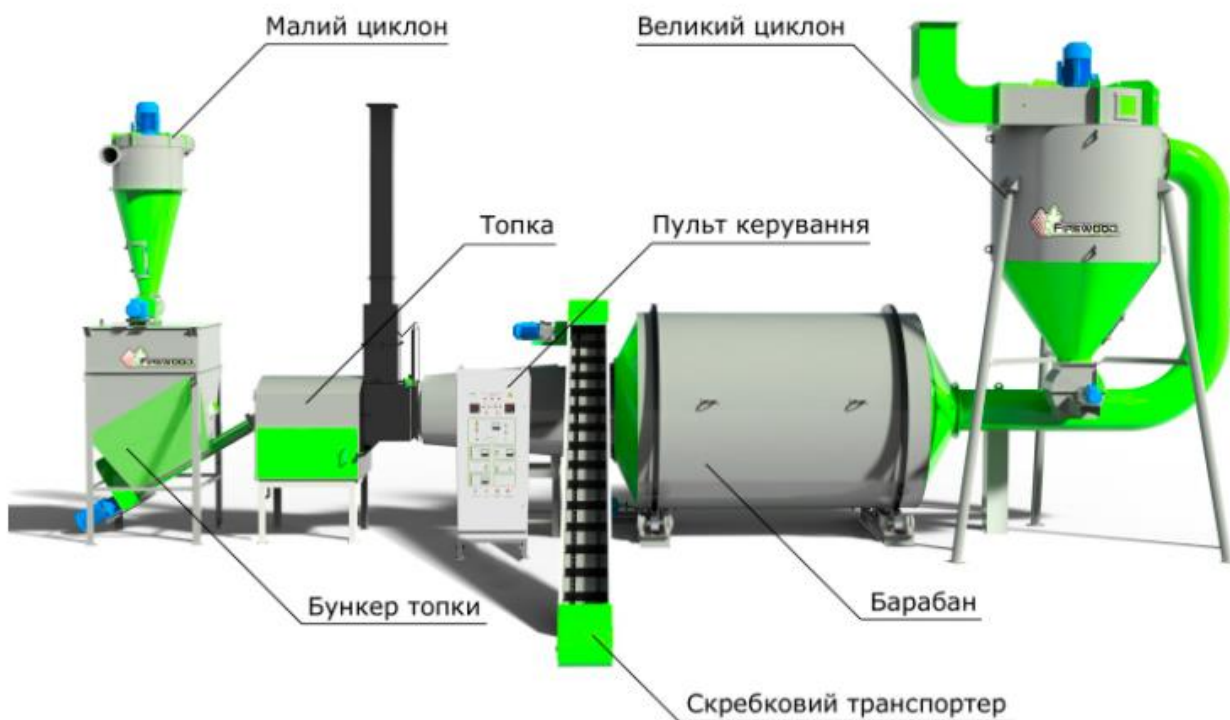


Рисунок 5.5 – Комплекс для сушіння відходів деревини та сільськогосподарських культур [36]

Відносно широке поширення сушіння отримало в області обробки осадів міських стічних вод (барабанні сушарки, сушіння в зустрічних потоках).

Процеси термічного видалення тієї частини вологи, яку неможливо видалити механічним шляхом, можуть також знайти застосування при:

- обробці промислових відходів, які необхідно підготувати до транспортування й подальшої переробки (наприклад, гальванічні шлами);
- обробці деяких відходів хімічної, харчової та інших галузей промисловості.

Сушіння здійснюється конвективним, контактним, радіаційним і комбінованим способами. Метод вибирають на основі технологічних вимог до сушіння продукту з урахуванням техніко-економічних показників.

Процес сушіння здійснюється за рахунок теплової енергії, яка виділяється в генераторі тепла.

Генераторами тепла можуть служити:

- парові або газові калорифери;
- топки, що працюють на твердому, рідкому або газоподібному паливі;
- інфрачервоні випромінювачі й генератори електричного струму.

Вибір генератора тепла визначається:

- схемою й методом сушіння;
- фізичними властивостями матеріалу, що висушується;
- необхідним режимом сушіння.

При можливості доцільно використовувати тепло газів, що відходять, або відпрацьованої пари; при цьому одночасно утилізуються теплові відходи.

## 2 Сучасний сміттєспалювальний завод

Сучасний сміттєспалювальний завод (ССЗ) – підприємство, що використовує технологію переробки твердих побутових відходів, за допомогою згорання та відбору тепла від утворених газоподібних продуктів згорання (рис. 5.6).



Рисунок 5.6 – Сміттєпереробний завод в м. Уппсалі (Швеція) [37]

Після спалювання утворюються продукти згорання: попіл, шлаки та димові гази, для очищення яких використовують фільтруючі системи.

Для того, щоб відходи згорали без додаткового підведення енергії, їх склад повинен відповідати наступним умовам:

- вологість має бути менше 50 %;
- кількість золи має бути менше 60 %;
- теплотворна здатність повинна бути не менше 7 МДж/кг.

Для відсортованих твердих побутових відходів, які використовують у якості палива, характерні наступні показники:

- вологість 36...38 %, зольність 10...15 %,;
- середня теплотворна здатність 10 МДж/кг.

За тепловим еквівалентом 1 т твердих побутових відходів еквівалентна 500 кг кам'яного вугілля.

Для розрахунку можливої кількості тепла, що утворюється, в процесі горіння відходів, важливо знати:

- фракційний вміст відходів;
- вміст у їх складі фракцій відходів таких елементів, як вуглець, водень, кисень і сірка.

Теплотворна здатність фракцій твердих побутових відходів наведена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

**Теплотворна здатність фракцій твердих побутових відходів**

| Матеріал        | Теплотворна здатність, кДж/кг |
|-----------------|-------------------------------|
| Деревина        | 16000...17000                 |
| Папір/картон    | 13000...14000                 |
| Поліетилен      | 43000...45000                 |
| Полістирол      | 38000...40000                 |
| Полівінілхлорид | 16000...18000                 |
| Текстиль        | 19000...20000                 |
| Пакети тетрапак | 17000...18000                 |
| Гума            | 33000...34000                 |
| ТПВ             | 12000...18000                 |

Для багатокomпонентних побутових відходів з високою вологістю найбільш доцільним є використання методу шарового спалювання.

Для шарового спалювання характерна подача гарячих повітряних потоків на шар спалюємих відходів, які завантажені на колосникову решітку (рис. 5.7).



Рисунок 5.7 – Вигляд колосникової решітки всередині топкового агрегату [38]

Цей метод спалювання має ряд переваг:

- забезпечується стабільність процесу горіння твердих побутових відходів;
- спалювання відходів з високою вологістю не вимагає попереднього підсушування;
- забезпечується спалювання твердих побутових відходів навіть без попереднього сортування і подрібнення;
- можливість організації комп'ютерного керування роботою механізмів топкового пристрою для забезпечення максимальної повноти згоряння відходів.

Відходи спалюються на колосниковій решітці при температурі 700...1000°C, як правило, із використанням додаткового палива (природного газу).

З метою зниження кількості шкідливих викидів на сучасних сміттєспалювальних підприємствах застосовують збільшення температури в печах від 850 до 1450°C.

Простір усередині топки поділяється на кілька зон, де послідовно протікають процеси спалювання відходів:

- сушка і попередній нагрів складових відходів;
- підпалювання і згорання;
- видалення продуктів згорання.

Шлаки являють собою сипучу речовину чорного кольору - це незгорілі рештки відходів, до складу яких входять токсичні хімічні сполуки та важкі метали (Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, Cd та As).

В шлаках сміттєспалювальних заводів, як правило, залишається певна кількість недогорілих горючих компонентів. Шлаки відносять до відходів четвертого класу небезпечності. Зазвичай шлаки захоронюють на полігонах.

Відомі спроби примішувати шлаки в дорожні покриття, бетонні блоки («шлакобетон»), виготовляти з них скловату для утеплення будівель. Екологічна безпечність таких матеріалів до теперішнього часу залишається дискусійним питанням.

Найбільш екологічною технологією, яка застосовується на сучасних сміттєспалювальних заводах, є плазмова обробки шлаків з під колосникових решіток та золи, яка осаджена в системі очищення димових газів.

Під дією високих температур плазмового струменя (20000...30000°C) зола та шлак сплавляються і перетворюється в слюдоподібну речовину. Перероблена таким чином зола екологічно безпечна і може використовуватися в будівництві у якості наповнювача.

Схема сучасного заводу наведена на рис. 5.8.

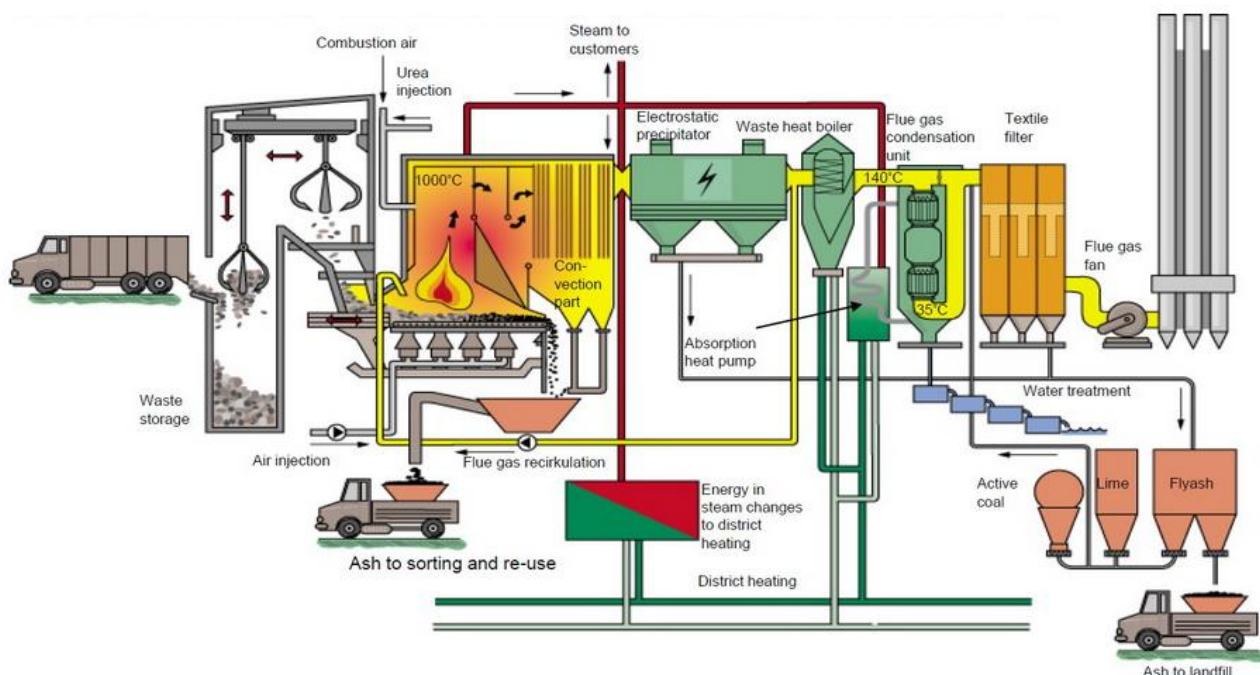


Рисунок 5.8 – Схема сміттєспалювального заводу Vattenfall (Швеція) [37]

### 3. Очищення димових газів сміттєспалювальних заводів

Димові гази, що утворюється при згорянні побутових відходів на сміттєспалювальних заводах, містять зола у пиловидному стані та газоподібні продукти неповного згоряння.

Димові гази сміттєспалювальних установок відрізняються від димових газів енергетичних установок підвищеним вмістом водяного пару (від 10 до 20 %), що обумовлено значною вологістю побутових відходів.

Соляна (хлоридна)  $\text{HCl}$ , сульфатна  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та плавикова (фторидна)  $\text{HF}$  кислоти, які утворюються при спалюванні відходів, є ініціюють корозійні процеси на металевих низькотемпературних поверхнях.

Легкоплавкі важкі метали мідь, кадмій та ртуть, які входять до складу побутових відходів, в процесі спалювання у пароподібному стані входять до складу димових газів, де абсорбуються на поверхні зольних частинок.

Крім того до їх складу входять ароматичні вуглеводні та їх хлоровані похідні, феноли та хлорфеноли, бром- та азот- заміщені речовини, поліхлордібензофурани, поліхлордібензодіоксини.

Останні формують групу діоксинів – високотоксичних сполук, які відомі своєю канцерогенною дією.

Встановлено два основних механізми утворення діоксинів і фуранів при термічній переробці твердих побутових відходів:

- первинне утворення в процесі спалювання відходів при температурі 300...600°C;
- вторинне утворення при температурі 250...450°C на стадії охолодження димових газів, що містять HCl, сполуки міді та вміщуючі вуглець частки золи (реакція гетерогенного оксихлорування вуглецьвміщуючих частинок).

Зниження вмісту діоксинів до гранично допустимої концентрації досягається здійсненням досить широкої групи технологічних заходів на сміттєспалювальних заводах, основними з яких є:

1) Попередня відсортовування з твердих побутових відходів перед спалюванням хлор- і фтор- вміщуючих полімерних матеріалів, а також вилучення включень кольорових металів;

2) Підтримка режиму процесів горіння, що забезпечують мінімальне утворення продуктів неповного згорання і видудання золи;

3) Дотримання «правила двох секунд» – геометрія печі повинна забезпечити тривалість перебування продуктів згорання не менше 2 секунд в зоні печі з температурою не нижче 850°C;

4) Забезпечення високої герметичності топок сміттєспалювальних заводів.

Щоб обмежити обсяг забруднення повітря, в державах ЄС прийняті вимоги щодо забезпечення сміттєспалювальних підприємств відповідними газоочисними системами. Такі системи є найдорожчою частиною сміттєспалювальних заводів. Вартість очисних пристроїв складає 30...50 % від вартості сміттєспалювальної установки.

Вони включають до свого складу:

- електростатичний та багатокасетний тканинний фільтри;
- циклони;
- розприскувач води;
- скрубери для поглинання кислотних газоподібних речовин;
- реактор з очищенням активованим вугіллям.

## **4 Термічне знешкодження токсичних промислових відходів**

Окрім зазначених вище методів (звичайне спалювання, піроліз, газифікація, сушіння) існує багато термічних методів знешкодження саме промислових відходів. Назвемо основні з них:

Рідиннофазне окислення токсичних відходів виробництва використовується для знешкодження рідких відходів і осадів стічних вод. Суть його полягає в окисленні киснем органічних і елементоорганічних домішок стічних вод при температурі 150...350°C и при тиску 2...28 МПа.

Гетерогенний каталіз застосовується для знешкодження газоподібних і рідких відходів. Існують три різновиди гетерогенного каталізу промислових відходів: термокаталітичне окислення, термокаталітичне відновлення; парофазне каталітичне окислення.

Термокаталітичне окислення можна використовувати для знешкодження газоподібних відходів з низьким вмістом горючих домішок. Процес окислення на каталізаторах здійснюється при температурах менших, ніж температура самозапалювання горючих складових газу.

Термокаталітичне відновлення використовується для знешкодження газоподібних відходів, що включають у себе нітрозні гази – утримуючі  $\text{NO}_x$ .

Парофазне каталітичне окислення застосовується для переходу органічних домішок в стічних водах у парогазову фазу з наступним окисленням киснем.

Вогнева переробка. Вогневий метод переробки токсичних промислових відходів. Вогневий окисний метод знешкодження негорючих відходів – складний фізико-хімічний процес, який складається з різних фізичних і хімічних стадій. Вогневе окислення застосовують більшою мірою до твердих й пастоподібних відходів.

У якості прикладу можна навести комбінований пристрій електровогневого спалення технологічних шламів (нафтошламів) з нафтовловлюючим пристроєм (рис. 5.9).

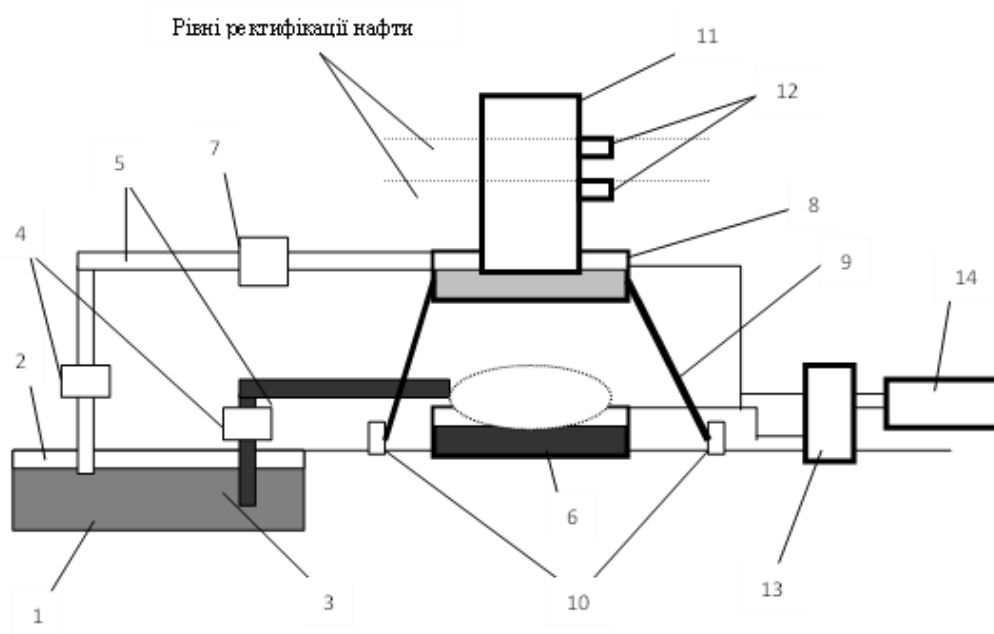


Рисунок 5.9 – Схема комбінованого пристрою електровогневого спалення технологічних шламів

1 – шламосховище; 2 – шар нафти; 3 – нафтошлами; 4 – насоси; 5 – трубопроводи; 6 – прилад для спалення залишків нафтошламів; 7 – ротаційний сепаратор; 8 – прилад для ректифікації нафти; 9 – опорні колони; 10 – електроізолятори; 11 – ректифікаційна колона; 12 – патрубки для відведення товарних нафтопродуктів (бензин, гас); 13 – блок регулювання високої на-пруги; 14 – електромережа (автономна або стаціонарна)

Вогневий відновний метод використовується для знищення токсичних відходів без одержання яких-небудь побічних продуктів, придатних для подальшого використання як сировини або товарного продукту [2, 11].

Вогнева регенерація призначена для витягу з відходів виробництва реагентів, які використовуються у цьому виробництві, або відновлення властивостей відпрацьованих реагентів чи матеріалів. Цей різновид вогневого знешкодження забезпечує не тільки природоохоронні, але й ресурсозберігаючі цілі.

Переробка й знешкодження відходів із застосуванням плазми. Застосування низькотемпературної плазми – один з перспективних напрямків області утилізації небезпечних відходів. За допомогою плазми досягається високий ступінь знешкодження відходів хімічної промисловості, у тому числі галоїдовмісних органічних сполук; ведеться переробка твердих, пастоподібних, рідких, газоподібних, органічних і неорганічних, слаборадіоактивних, побутових, канцерогенних речовин, на які встановлені тверді норми ГДК у повітрі, воді, ґрунті та ін.

### **Контрольні питання до розділу 5**

1. Що таке спалювання відходів? Що цей процес дозволяє робити?
2. Що таке промислова піч? Які види топок існують?
3. Дайте визначення терміну піроліз. Назвіть типи піролізу токсичних промислових відходів.
4. Що таке газифікація? Який склад має генераторний газ?
5. Дайте визначення сушінню.
6. Дайте визначення сучасному сміттєспалювальному заводу.
7. Назвіть переваги шарового спалювання відходів.
8. За допомогою якого обладнання можна очищувати викиди ССЗ?
9. Вкажіть два основних механізми утворення діоксинів і фуранів при термічній переробці ТПВ.
10. Опишіть вогневий метод переробки відходів, назвіть випадки застосування.

# РОЗДІЛ 6 ЗБІР, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ

## 1 Технології збирання і транспортування відходів

В даний час в усьому світі є загальноприйнятою думка, що спалювання та захоронення відходів є технологіями, які не мають майбутнього.

Захоронення твердих побутових відходів є малоефективним процесом, коли безповоротно губляться невідновлювані природні ресурси, та вимагає великих капітальних витрат.

Тотальний екологічний менеджмент, який отримав назву ZeroWaste (нульові відходи), створює нові підходи до управління відходами.

ZeroWaste – це сукупність принципів, орієнтованих на запобігання утворення відходів, що заохочує оновлення життєвих циклів ресурсів, щоб усі продукти були повторно використані.

Мета полягає в тому, щоб відходи не відправлялися на сміттєзвалища, сміттєспалювальні пристрої чи затоплювалися в океанських глибинах. Базовим при цьому є п'ять основних принципів 5R (рис. 6.1) [9]:

1. Відмовся;
2. Зменш;
3. Скористайся знов;
4. Переробляй;
5. Компостуй.

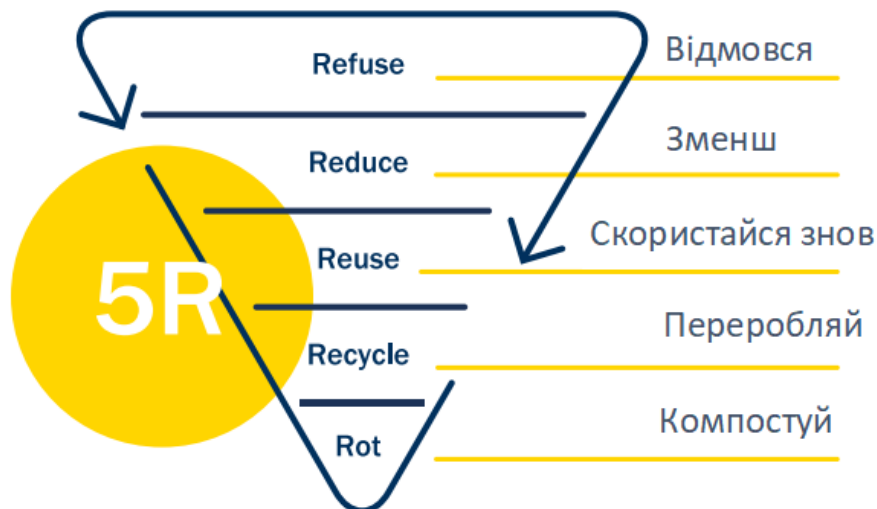


Рисунок 6.1 – Піраміда нульових відходів 5R ZeroWaste

Впровадження тотального екологічного менеджменту дозволяє зменшити площі звалищ та необхідну кількість сміттєспалювальних заводів, вводити в управління відходами «інтелектуальні системи» і створювати робочі місця, пов'язані з переробкою відходів.

Відповідно до Закону України «Про відходи» з 1 січня 2018 року в Україні заборонено захоронення не перероблених (необроблених) побутових відходів. Закон також передбачає «сприяння максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого повторного чи альтернативного використання ресурсно-цінних відходів».

При цьому необхідно враховувати слабе завантаження потужностей промислових підприємств України, які займаються переробкою відходів на вторинну сировину для виробників кінцевої продукції або використовують їх у своєму виробничому циклі для випуску кінцевої продукції.

До основних видів вторинної сировини, роздільний збір яких ефективно виконувати на Україні, відносяться:

- макулатура,
- склобій,
- ПЕТ-пляшки.

Типова схема збору та руху твердих побутових відходів в країнах Західної Європи передбачає:

- попереднє сортування населенням основної маси твердих побутових відходів біля джерел утворення – в житловому господарстві (рис. 6.2, 6.3);
- транспортування вторинної сировини на переробні підприємства після попереднього механізованого сортування зібраних відходів за видами сировини;
- обов'язковий селективний збір рослинних відходів з подальшим компостуванням і поверненням компосту в сільське господарство;
- обов'язкове знезараження біологічними або термічними методами несортованих і неутилізованих твердих побутових відходів перед їх захороненням на полігонах.

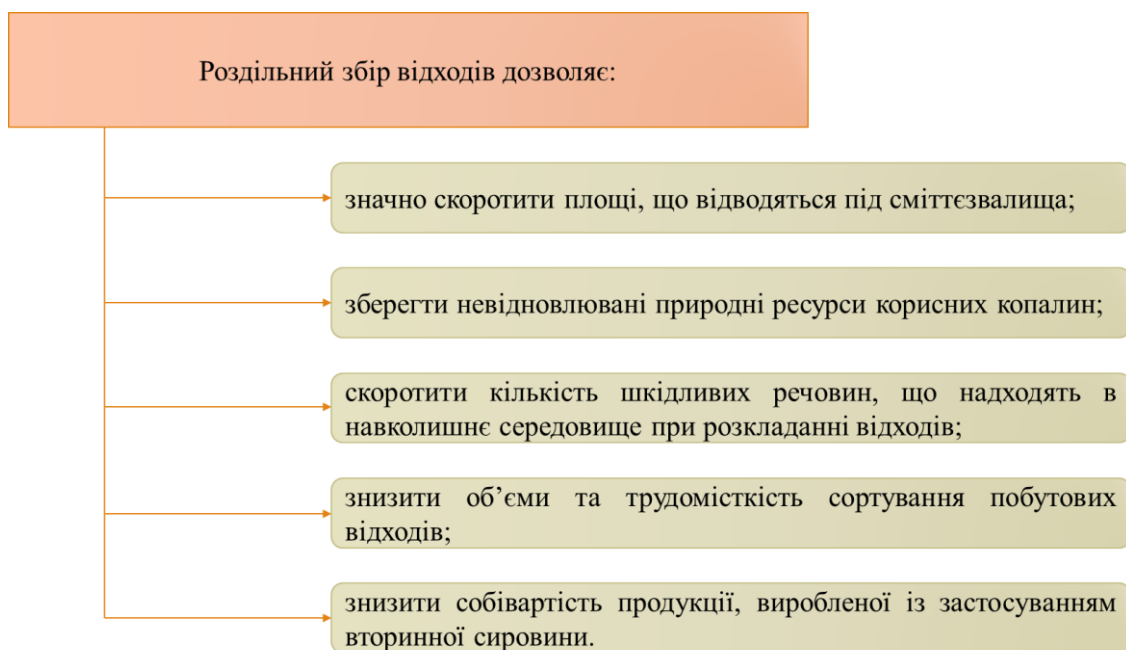


Рисунок 6.2 – Переваги роздільного збору

Розділення відходів на фракції забезпечується поєднанням двох підходів:  
*технічного і соціального.*

*Технічний підхід* являє собою організацію виробництва за допомогою різних механізованих ліній і пристроїв, на вхід яких поступає не розділений на фракції потік твердих побутових відходів, а на виході отримують потоки утилізованих матеріалів, які відповідають вимогам ринку, а також потік залишків, що передаються на спалювання чи на сміттєзвалище.

Якість матеріалів, отриманих із попередньо не розсортованої суміші відходів як за допомогою машинних технологій, так і за допомогою ручної вибірки, є невисокою та економічно малоефективною.

При *соціальному підході* жителі самі свідомо сортують свої відходи, доводять їх переробну частину до ринкової кондиції.

Досягнення такого результату вимагає проведення тривалої інформаційної та виховної роботи з населенням, роз'яснення необхідності та вигідності роздільного збору відходів.

Активна позиція населення є запорукою успішної діяльності, в той час як байдужість зведе всі зусилля нанівець.

Рисунок 6.3 – Підходи до розділення відходів

Вважається, що поділ відходів безпосередньо населенням та іншими виробниками відходів більш прийнятним, ніж технічний поділ, з наступних причин:

- сумарні витрати, що накладаються на місцевий бюджет, є меншими;
- не потрібні значні інвестиції на придбання і експлуатацію складного сортувального обладнання;
- на місцевому рівні створюються стимули для зменшення кількості відходів.

Для стимулювання населення до сортування сміття, уряди зарубіжних країн застосовують різні міри покарання:

- в Японії незаконне викидання сміття загрожує тюремним ув'язненням до 5 років і штрафом в 10 млн ієн;
- в Швейцарії за кожні 5 кілограм несортованих побутових відходів потрібно платити від 2 до 3 франків;
- в Німеччині недотримання правил сортування побутових відходів прирівнюється до порушення громадського порядку. Розмір штрафу за перший випадок знаходиться в межах € 10-50. При неодноразовому порушенні накладається штраф у розмірі € 2500;
- в південно-китайському мегаполісі Шеньчжень з приватних осіб стягують штраф у розмірі 50 юанів (близько \$ 7), з організацій – до 1000 юанів (близько \$ 145);
- в Ірландії передбачений штраф понад € 5000, а максимально сувора міра – 12 місяців тюремного ув'язнення.

Впровадження роздільного збору може бути здійснено двома основними способами, в залежності від типу сортувального комплексу [12-17].

Перший спосіб – двухфракційний збір. Він передбачає установку на контейнерному майданчику двох контейнерів – одного для збору ресурсоцінних фракцій (скла, металу, макулатури, пластику), іншого – для відходів, які не можуть повторно використовуватися (забрудненої упаковки, харчових відходів).

Другий спосіб – чотирьохфракційний збір.

Директива ЄС про відходи визначає роздільний збір, як мінімум, чотирьох фракцій твердих комунальних відходів – скла, паперу, металу і пластика.

При цьому відходи сортуються в 4 контейнери різного кольору (рис. 6.4):

- жовтий для відходів пластмас;
- синій для відходів паперу;
- зелений – для відходів скла;
- сірий – для відходів, відходи, які не потрапляють ні в одну з перерахованих категорій (харчові відходи, забруднені матеріали).



Рисунок 6.4 – Контейнери для роздільного збору відходів [39]

В Україні найбільш поширеним є поділ зібраних відходів між двома контейнерами: в один – ті, які можуть бути використані як вторинна сировина, в іншій – все інше.

Застосовуються наступні види сміттєвих контейнерів:

1. Пластикові сміттєві баки – контейнери об'ємом від 110 до 1200 літрів (вага від 9 кг). Використовуються для збору невеликої кількості відходів, у житлових будинках, офісних будівлях, освітніх і лікувальних установах.

2. Металеві сміттєві баки – контейнери об'ємом від 0,75 м<sup>3</sup> (вага від 85 кг). Використовуються для збору невеликої кількості відходів (рис. 6.5). Є найпоширенішими в Україні.

3. Металеві сміттєві контейнери для збору великого об'єму твердих побутових відходів – контейнери від 6 до 14 м<sup>3</sup> (вагою від 950 кг). Використовуються для накопичувального збору сміття та централізованого вивезення вантажними машинами. Сфера застосування таких контейнерів є досить широкою – житлові масиви, будівництво, дачні кооперативи.

4. Транспортні контейнери для сміття – контейнери для збору і транспортування відходів об'ємом від 20 до 40 м<sup>3</sup> (вагою від 2250 кг) для перевезення важкого будівельного сміття і металобрухту, для твердих побутових відходів і крупногабаритного сміття.

5. Контейнери заглибленого типу – новий вид контейнерів для сміття, що дозволяє істотно заощадити площу для їх розміщення; основна частина контейнера (близько 70 %) заглиблена в землю. Такий контейнер, який має об'єм 5 м<sup>3</sup>, займає меншу площу, дозволяє раціональніше використовувати територію і виглядає більш естетично. На контейнері закріплюється спеціальний міцний мішок для збору відходів, термін служби яких може складати кілька років.



Рисунок 6.5 – Оцинкований євроконтейнер «Standart», об'єм 1,1 м<sup>3</sup> [40]

Збір і видалення відходів при вивізній системі виконують двома методами:

- планово-подвірним (відходи з квартирних збірників жителі вивантажують у проміжні ємності на житловій території для тимчасового збереження до видалення їх на місця знешкодження);
- планово-поквартирним (відходи з квартирних збірників жителі перевантажують безпосередньо в прийомний бункер сміттєперевізного транспорту).

Планово-подвірна система забезпечує великі зручності для населення, що обслуговується, і високу продуктивність смітєвозів при механізації вантажно-розвантажувальних робіт та одержала широке поширення і рекомендується для очищення житлових районів багатоповерхової забудови, а також установ і підприємств мережі обслуговування.

Для районів з багатоповерховою забудовою і кількістю жителів у дворах не менш ніж 200 чол. рекомендується система зі змінних контейнерів і контейнерних смітєвозів з підйомно-знімними механізмами при якій відходи вивозять разом з контейнерами, а на їх місце встановлюють порожні контейнери.

Перевагами цієї системи є відсутність перевантаження відходів і забруднення житлової території, зменшення шуму, централізований ремонт, мийка і дезінфекція контейнерів, недоліками – відсутність ущільнення сміття й тому

зменшення середньої щільності відходів, а звідси зменшення на 40–50 % вантажопідйомності контейнерних машин.

Змінні контейнери місткістю 750 л рекомендуються для збору і видалення побутового сміття середньої щільності на відстані вивозу сміття не більш 10 км, а також при обслуговуванні об'єктів тимчасового утворення відходів і сезонних об'єктів (місця з високим скупченням людей, дачні селища, виставки, ярмарки) та перспективні для міст із чисельністю населення 100...250 тис. чол.

Рекомендується також система незмінюваних контейнерів і смітєвозів із пристроєм, що ущільнює сміття, й стрілою для підйому контейнерів для щоденного очищення житлових дворів з кількістю населення не менш 250...400 чол. при якій сміття вивантажують безпосередньо у смітєвози, а контейнери після випорожнення встановлюють на місце.

Система з незмінюваних контейнерів місткістю 750 л найбільш перспективна для великих міст із чисельністю до 500 тис. жителів. Також існують незмінювані контейнери місткістю до 10 м<sup>3</sup>, які застосовуються для тимчасового збереження неущільнених відходів торгових та адміністративних установ і багатоповерхових будинків з великою кількістю населення [12-17].

Основними системами збору побутових відходів є контейнерна (система змінюваних збірників) і система незмінюваних збірників (рис. 6.6).



Рисунок 6.6 – Контейнерні системи «змінюваних» і «незмінюваних» збірників [41, 42]

При контейнерній («змінюваній») системі відходи вивозять разом з контейнерами, а на їх місце встановлюють порожні. При «незмінюваній» системі відходи вивантажують безпосередньо у смітєвози, а контейнери після висипання встановлюють на місце.

Вибір тієї або іншої системи визначають такі чинники:

- 1) відстань місць завантаження смітєвозів від населеного пункту;
- 2) санітарно-епідеміологічні умови;
- 3) можливість санобробки контейнерів безпосередньо в домоволодіннях;
- 4) тип і кількість смітєвозів;
- 5) кількість жителів, етажність забудови, наявність приватного сектора;
- 6) рельєф місцевості;
- 7) наявність сезонних об'єктів (ярмарки, виставки і т. п.).

У впорядкованому житловому фонді можуть водночас застосовуватися обидві системи. Більш продуктивна «незмінювана» система повинна застосовуватися у великих містах.

Контейнерна система (змінювані збірники) може застосовуватися при відстані вивезення не більше 8 км, а також при обслуговуванні об'єктів тимчасового утворення відходів і сезонних об'єктів (місце з великим скупченням людей, дачні селища, виставки, ярмарки). Збір і вилучення ТПВ у житлофонді приватної власності можуть здійснюватися за будь-якою системою.

Контейнери для сміття бувають металеві (з листової сталі, оцинкованого заліза, алюмінію), пластмасові і паперові.

Сучасним вимогам відповідають пластмасові збірники з кришкою і вертлюжними коліщатами для переміщення. Вони відрізняються гарним зовнішнім виглядом, не вимагають фарбування, легко миються і дезінфікуються, мають масу в 2...3 рази менше, а термін служби - у 2...3 рази більше сталевих. Застосування збірників з різнобарвної пластмаси полегшує організацію роздільного збору відходів.

При системі змінюваних контейнерів застосовують контейнери місткістю 0,75 м<sup>3</sup> і сміттєвози типу М-30А, а при системі незмінюваних – місткістю 1,1; 1,0; та 0,75 м<sup>3</sup> з використанням сміттєвозів типу КО-415 або КО413, а також Zoeller.

Кожне муніципальне господарство має спеціалізовані автомобілі, які збирають і транспортують тверді побутові відходи.

Для вивезення відходів з території населених пунктів на звалища, сміттєперевантажувальні станції, сміттєспалювальні чи сміттєпереробні заводи призначені автомобілі – сміттєвози.

Сміттєвоз – спеціальний вантажний автомобіль, призначений для завантаження, ущільнення, транспортування та вивантаження сміття.

Приклади різних сміттєвозів наведені на рис. 6.7.

На кожні 400 контейнерів необхідно мати один автомобіль – сміттєвоз. Вони мають бути надійними, максимально герметичними і зручними для проведення процесу завантаження і розвантаження відходів.

Сміттєвози відрізняються:

- вантажопідйомністю;
- об'ємом кузова;
- типом механізму завантаження (бічний, задній, фронтальний);
- наявністю механізму ущільнення відходів, способом завантаження (ручний, механізований);
- типом кузова (кузовний, рамний бункеровоз, з рухомих підлогою, з крюковим захопленням).

Вимоги до сміттєвозів з механізованим завантаженням і розвантаженням встановлено в ДСТУ EN 1501-4:2018 «Сміттєвози та їх підіймальні пристрої».



а



б



в

Рисунок 6.7 – Смітєвози різних типів [43, 44]

*а – смітєвоз з боковим завантаженням АТ-4032 на шасі DAYUN CGC1141;*

*б – смітєвоз із заднім завантаженням АТ-4021 на шасі DAYUN CGC1120 (бу-  
нкер 8 м³); в – смітєвоз Zoeller*

## 2 Прес-компактори та вертикальні пакувальні преси

Як вже вказувалось у підрозділі 4 другого розділу, щільність відходів є важливою характеристикою, вона має враховуватися при їх зберіганні і транспортуванні.

Вологість твердих побутових відходів може знаходитися в широких межах. Визначається вона, переважно, вологістю складових відходів, умовами та терміном їх зберігання.

Щільність твердих побутових відходів змінюється залежно від благоустрою житлового фонду та пори року.

Для житлового фонду з благоустроєм щільність твердих побутових відходів становить 0,18...0,25 т/м³, для неупорядкованого житлового фонду із пічним опаленням вона зростає до 0,3...0,6 т/м³. Щільність деяких складових твердих побутових відходів наведена в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

**Щільність деяких складових твердих побутових відходів**

| Тип матеріалу           | Навалом, кг/м <sup>3</sup> | В тюках, кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Картон                  | 30...60                    | 360...650                  |
| ПЕТ-пляшки              | 18...24                    | 120...300                  |
| Поліетилен              | 13...15                    | 120...300                  |
| Алюмінієві банки        | 30...45                    | 90...300                   |
| Консервні сталеві банки | 90...105                   | 300...600                  |
| Папір                   | 300...360                  | 600...715                  |
| Газети                  | 210...300                  | 450...600                  |

Можливості зменшення загального обсягу твердих побутових відходів під час перевезення й складуванні на полігонах визначаються їхніми компресійними властивостями, тобто залежністю ступеню ущільнення від тиску пресування.

Прес-компактори – це контейнерне обладнання, яке за рахунок пресування, забезпечує зменшення об'єму відходів (рис. 6.8, 6.9).



Рисунок 6.8 – Шнекові компактори від Екополімер [45]



Рисунок 6.9 – Мобільні компактори для вологих відходів SKPC [46]

Один прес-компактор об'ємом до 20 м<sup>3</sup> куб. може замінити собою 80...100 контейнерів об'ємом 0,8 м<sup>3</sup>. Прес-компактор складається з двох частин: герметичного накопичувального бункера для збору відходів і пресового механізму, який забезпечує зменшення об'єму відходів до 20 раз.

Прес-компактори використовують для ущільнення відходів на сміттєпереробних заводах, промислових підприємствах, в торгових центрах, ринках, готелях, медичних установах, портах, вокзалах, аеропортах, митних терміналах.

Компактори переважно встановлюють на відкритих майданчиках, тому немає необхідності виділяти окреме приміщення для накопичення відходів і їх захисту від атмосферних опадів.

Використання прес-компакторів є зручним, дозволяє заощадити корисний простір, необхідний для розміщення кількох контейнерів з неспресованими відходами, і дозволяє значно знизити витрати на транспортування відходів. Необхідна частота вивезення відходів при використанні такого обладнання знижується у 3...5 раз.

Застосування прес-компакторів робить збір відходів та їх утилізацію менш трудомістким процесом і сприяє поліпшенню санітарного стану виробничих ділянок.

До особливостей застосування прес-компакторів відноситься:

1. Універсальність. Прес-компактори для відходів забезпечують ефективне ущільнення різноманітної сировини. Вони розраховані на функціонування в широкому діапазоні експлуатаційних умов, наприклад, в інтервалі температур від -50 до +50°C.

2. Використання прес-компакторів (на відміну від звичайних сміттєвих баків) виключає розповсюдження неприємних запахів та антисанітарії.

3. Простота експлуатації.

4. Широкий діапазон потужностей. В номенклатуру обладнання для пресування відходів входять як домашні преси, призначені для використання в побуті, так і потужні промислові установки, здатні щоденно проводити обробку десятків тон відходів.

Прес-компактори за конструкцією поділяються на стаціонарні і мобільні.

### **3 Станції перевантаження відходів**

Станція перевантаження відходів є ключовим елементом при розподіленні вивезення відходів на кілька етапів (рис. 6.10). При цьому схема транспортування відходів «Місце накопичення відходів – майданчик утилізації» замінюється на локальну «Місце накопичення відходів – станція перевантаження» і транспортну складову «станція перевантаження – майданчик утилізації».

На першому етапі сміттєвози невеликої місткості, які легко переміщуються по тісним проїздам та дворам, звозять зібрані по території великого міста тверді побутові відходи на станцію перевантаження, де сміття запресують в спеціальні накопичувальні контейнери великого об'єму (до 30 м<sup>3</sup>).



Рисунок 6.10 – Сміттеперевантажувальна станція ТОВ «Крамар ЕКО» [47]

На другому етапі ці контейнери з ущільненим сміттям вивозяться великовантажними сміттєвозами на полігон або сміттєпереробне підприємство, які розміщено за межами населеного пункту. На станціях перевантаження може використовуватися система попереднього вилучення з відходів окремих складових, наприклад, макулатури.

Використання станцій перевантаження відходів, що відповідають високим вимогам безпеки навколишнього середовища, дозволяють істотно знизити витрати на вивезення твердих побутових відходів.

Основною перевагою станцій перевантаження відходів є оптимізація логістики утилізації великих об'ємів відходів при послідовному транспортуванні на великі відстані.

Виходячи з положень про охорону навколишнього середовища застосування станцій перевантаження дозволяє віддалити полігонів для складування твердих побутових відходів від великих міст.

Станції перевантаження відходів доцільно застосовувати, якщо відстань від місць збирання до місць знешкодження твердих побутових відходів перевищує 20 км, що дозволяє знизити інтенсивність руху на транспортних магістралях.

При використанні станцій перевантаження забезпечується зниження сумарної витрати палива сміттєвозами, у порівнянні з одноетапним вивезенням. Завдяки ущільненню твердих побутових відходів досягається максимальне використання корисної вантажопідйомності транспортних сміттєвозів.

Основною характеристикою станцій перевантаження відходів є їх продуктивність.

За продуктивністю станції перевантаження відходів підрозділяються на три групи: малі (до 50 т/добу); середні (50...150 т/добу) та великі (понад 150 т/добу).

За виконанням станції перевантаження відходів бувають одно- і дворівневі.

На однорівневих станціях в'язкості вантажопідйомних механізмів використовують стрічкові, пластинчасті або скребкові транспортери, грейферні ковші або скіп-підйомники.

## **4 Сортивання відходів**

Сміттесортувальні підприємства – промислові підприємства, що обробляють тверді відходи виробництва і споживання (як змішані, так і зібрані окремо), з метою отримання корисних і цінних вторинних матеріалів для подальшої обробки або переробки.

Сміттесортувальні підприємства виконують сортування твердих побутових відходів та відбирання з відходів цінної вторинної сировини, такої як макулатура, ПЕТ пляшки, метал, пластик, пластикова упаковка, алюмінієві банки, скло тощо.

Стимулом для розвитку сміттєпереробних підприємств є наявність ринків збуту для реалізації відібраних при сортуванні вторинних матеріалів, та придатність залишків відходів для спалювання.

Сортування відходів також є обов'язковою підготовчою операцією перед їх спалюванням на сучасних сміттєспалювальних заводах. Сортування відходів дозволяє видалити складові, переважно полімери, які при спалюванні ведуть до посиленого забруднення навколишнього середовища. Також з відходів відділяються негорючі складові (скло, бетон, метал), на нагрів яких при спалюванні витрачається велика кількість тепла.

Проведення сміттесортування відходів відбувається виходячи з наступних причин:

- намагання досягнення економічності утилізації відходів за рахунок розширення використання вторинних ресурсів;
- застосування сортування відходів дозволяє знизити вимоги до попереднього сортування твердих побутових відходів населенням;
- прагнення зменшення обсягів твердих побутових відходів, які спрямовуються на захоронення;
- прагнення зменшення вмісту полімерних матеріалів у твердих побутових відходах, які спрямовуються на спалювання.

Робота сміттесортувальних підприємств забезпечує:

- збільшення терміну експлуатації полігонів у 3...4 рази і зменшення його площі у 5...6 разів, а при запровадженні технології повної переробки твердих побутових відходів необхідність у використанні полігонів практично відпадає;
- зменшення витрат на транспортування та розміщення твердих побутових відходів у 6...8 разів;
- сміттесортувальні комплекси, порівняно з сміттєспалювальними заводами, мають нижчу вартість і значно коротший термін окупності;

- зменшення негативного екологічного впливу на навколишнє середовище від захоронення попередньо сортованих відходів порівняно зі спалюванням та захороненням не розсортованих відходів.

Стаціонарне обладнання сміттесортувального підприємства наведено у табл.6.2.

Таблиця 6.2

### Стаціонарне обладнання сміттесортувального підприємства

| Напрямок використання                                            | Обладнання                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обладнання для переміщення матеріалів                            | Стрічковий, гвинтовий та пластинчастий конвеєр.<br>Ковшовий елеватор. Скребокний конвеєр<br>Пневматичний конвеєр<br>Вібраційний конвеєр<br>Магнітний сепаратор<br>Електродинамічний сепаратор |
| Обладнання для розділення компонентів твердих побутових відходів | Дисковий грохот. Барабанний грохот<br>Вібраційний грохот. Рухома ланцюгова завіса<br>Повітряний класифікатор<br>Оптичні системи сортування                                                    |
| Обладнання, яке зменшує розмір шматків відходів                  | Шредер. Дробарка скла<br>Подрібнювач пластмас<br>Ущільнювач консервних банок                                                                                                                  |
| Ущільнююче обладнання                                            | Пакетувальний та брикетувальний прес<br>Гранулятор                                                                                                                                            |
| Обладнання для створення сприятливого середовища                 | Система збору пилу<br>Пристрої приглушення шуму<br>Система придушення запаху<br>Обігрівачі, вентиляційні системи, повітряні кондиціонери                                                      |
| Інше обладнання                                                  | Стаціонарний бункер зберігання відходів<br>Підлогові ваги для контейнерів<br>Автомобільні ваги. Конвеєрні ваги                                                                                |

Сміттевози доставляють тверді побутові відходи до сміттесортувального комплексу. При в'їзді на територію комплексу проводиться контроль кожного сміттевоза, його реєстрація та зважування на вагах.

Після проходження радіаційного контролю сміттевози направляються на ділянку розвантаження поблизу приймального бункера лінії сортування та розвантажують сміття на бетоновану підлогу.

Ковшовим навантажувачем відбирають великогабаритні елементи сміття, які технологічно не призначені для сортування або які підлягають попередньому подрібненню. Решту відходів подають в приймальний бункер живильника завантажувального конвеєра лінії сортування

В нижній частині бункера розміщується похилий стрічковий транспортер, який переміщує завантажені тверді побутові відходи на висоту 2-3 м. В залежності від конструкції сортувальної лінії далі відходи подаються до сепаруючого обладнання, який призначене для відділення шляхом просіювання дрібних органічних та біологічних відходів.

Сепаратор відходів барабанного типу оснащують ультрафіолетовими світильниками, закріпленими на кожусі барабана. Під дією ультрафіолетового випромінювання протягом 8-12 хвилин в процесі знаходження відходи всередині барабана частково знезаражуються від патогенних бактерій і мікроорганізмів, які присутні на їх поверхні.

Для відсіювання дрібних органічних та біологічних відходів на лініях сортування також широко застосовують вібраційні сита у вигляді решіток з отворами 100 мм. Відсіяний матеріал розміром менше 100 мм служить сировиною для подальшого компостування.

Вимоги щодо підвищення якості відділених вторинних матеріалів і зниження їх вартості привели до розширення використання механізованих засобів сортування та обробки матеріалів.

Однією із механізованих операцій, яку широко застосовують для поділу потоку відходів за щільністю на легку і важку фракції, є аеросепарація - процес збагачення в рухомому повітряному середовищі.

Відходи на гумовій транспортерній стрічці проходять під електромагнітним сепаратором (залізовідділювачем), який відокремлює відходи чорних металів від інертної маси.

Принцип роботи електромагнітних сепараторів полягає у тому, що феромагнітні матеріали, які транспортуються стрічкою конвеєра, притягуються до потужного електромагніта і відкидаються в сторону на ділянці, де сила магнітного поля стає незначною (рис. 6.11).



Рисунок 6.11 – Сепаратор магнітний барабанний ПБМ [48]

Ефективність роботи електромагнітного сепаратора залежить від маси, геометрії і магнітної сприйнятливості металевого матеріалу, що відділяється, а також від щільності відходів, що транспортуються і швидкості руху стрічки конвеєра.

Сортувальна платформа - це головний елемент сортувального комплексу, на якій здійснюється відбір придатних для рециклінгу фракцій з потоку твердих побутових відходів. На сортувальній платформі розташовано горизонтальний стрічковий конвеєр і місця для операторів по вибірці придатних фракцій із загального потоку.

Лінія сортування твердих побутових відходів наведена на рис. 6.12.



Рисунок 6.12 – Лінія сортування твердих побутових відходів у Луцьку [49]

Головні проблеми, пов'язані з експлуатацією ліній сортування відходів:

- значне використання ручної праці, низький рівень автоматизації;
- шкідливі умови роботи працівників (забруднення робочих місць, сильний шум);
- нерозвиненість мережі підприємств по переробці вторинних ресурсів, що веде до значних транспортних витрат по доставці вторинної сировини від ліній сортування відходів до споживачів;
- складність візуальної ідентифікації та відокремлення різних видів пластику один від одного.

На сьогодні перспективною альтернативою ручному сортуванню є автоматичне сортування, яке засноване на оптичному розпізнаванні матеріалу (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Технічна продуктивність ручного і автоматичного сортування**

| Матеріал   | Сортування , кг/год. |       | Необхідна кількість робітників для заміни однієї машини |
|------------|----------------------|-------|---------------------------------------------------------|
|            | автоматичне          | ручне |                                                         |
| Плівка     | 4000                 | 70    | 57                                                      |
| Папір      | 11000                | 180   | 61                                                      |
| Скло       | 12000                | 400   | 30                                                      |
| ПЕТ-пляшки | 7000                 | 120   | 58                                                      |

**Контрольні питання до розділу 6**

1. Дайте визначення тотальному екологічному менеджменту ZeroWaste. Назвіть принципи, на яких він базується.
2. Опишіть типову схему збору та руху твердих побутових відходів в країнах Західної Європи.
3. Що дозволяє зробити роздільний збір відходів?
4. Які підходи забезпечують розділення відходів на фракції?
5. Вкажіть два способи впровадження роздільного збору відходів.
6. Що таке сміттєвоз? Чим вони відрізняються один від одного?
7. Дайте визначення прес-компактору. Назвіть особливості їх застосування.
8. Назвіть основну характеристику станції перевантаження відходів. Яка їх основна перевага?
9. Дайте визначення сміттесортувальним підприємствам.
10. З яких причин відбувається сміттесортування відходів?
11. Що таке сортувальна платформа? Які головні проблеми, пов'язані з їх експлуатацією?

# РОЗДІЛ 7 МАЛОВІДХОДНІ І БЕЗВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Основи організації екологізованих технологій показані на рис. 7.1.

**В основу організації екологізованих технологій покладено чотири основні принципи:**

Просторова компактність – кожне підприємство має займати мінімально розумну територію, цехи та відділи повинні працювати за принципом «створення екологічно чистої продукції – її збут – повернення відходів у виробництво».

Маловідходні (теоретично безвідходність) технологій і виробництв

Замкненість виробничих циклів, що дозволяє зберегти в чистоті природне середовище та зменшити споживання природних ресурсів

Можливість переробки (рекуперації) відходів до такої міри, щоб зробити їх допустимими для розкладання та включення їх в природні кругообіги.

Рисунок 7.1 – Принципи, покладені в основу екологізованих технологій

При цьому необхідно дотримуватися ряду умов:

- самоочевидне використання всіх компонентів тієї або іншої сировини, які звичайно не знаходять застосування внаслідок відсутності необхідних виробничих умов і навичок обробки, і належать до відходів;
- взаємозв'язок з екологічною обстановкою, у якій реалізуються проекти (викиди в атмосферу, водойми, ґрунт, відчуження орних або придатних для інших цілей земель під захоронення або складування);
- можливість залучення в господарський обіг ресурсів, що раніше не використовувались;
- застосування однієї або мінімуму прогресивних операцій у загальному технологічному ланцюгу має приводити до необхідності переводити всю технологічну систему на новий рівень;
- можливість одержання нових матеріалів з необхідними характеристиками;

- поліпшення умов праці за рахунок скорочення процесів, супроводжуваних виділенням шкідливих газів і пилу;
- усунення шкідливих компонентів як проміжних продуктів і каталізаторів.

Однією з найрадикальніших заходів захисту навколишнього середовища від промислових забруднень є організація маловідходних (безвідходних) технологій і замкнених циклів.

Відповідно до Декларації про маловідходні і безвідходні технології та використання відходів, прийнятої в 1979 р в Женеві, визначено чотири основних напрямки їх розвитку:

- створення безстічних технологічних систем, перспективних методів очищення і повторно-послідовного використання нормативно очищених стоків;
- розробка та впровадження систем переробки промислових та побутових відходів, які розглядаються як вторинні матеріальні ресурси;
- розробка технологічних процесів одержання традиційних видів продукції принципово новими методами, при яких досягається максимально можливий перенос речовини та енергії на готову продукцію;
- розробка і створення територіально-промислових комплексів з якомога повнішої замкнутою структурою матеріальних потоків і відходів виробництва всередині їх.

Безвідходна технологія – це практичне застосування знань, методів і засобів для забезпечення в рамках людських потреб раціонального використання природних ресурсів, енергії й захисту навколишнього середовища [8-10].

Під безвідходною технологією розуміється ідеальна модель виробництва, що у більшості випадків не може бути реалізована повною мірою, але, з розвитком технічного прогресу, усе більше наближається до ідеального (рис. 7.2).



Рисунок 7.2 – Підходи до концепції безвідходної технології

Таким чином, повністю безвідходна технологія – ідеальна система, до якої повинен прагнути всякий реальний технологічний процес. Більш реальною є маловідходна технологія.

Маловідходне виробництво – процес, у результаті якого шкідливі викиди в навколишнє середовище зводяться до мінімуму і не спричиняють негативного впливу на довкілля. Маловідходне виробництво являє собою систему заходів і технологій, спроможних забезпечити комплексне використання сировини, не наносячи при цьому шкоди навколишньому середовищу.

Застосування маловідходних технологій створює умови для зниження природоохоронних витрат, у тому числі на установку природоохоронного устаткування.

Доведено, що установка природоохоронного устаткування обходиться дорожче, ніж впровадження природоохоронних технологій. Установка очисного устаткування складає 20 і більше відсотків від суми капітальних вкладень у проєкт, а маловідходна технологія обходиться часто в 5...7 %.

Основою маловідходних технологій є комплексна переробка сировини з використанням усіх її компонентів, оскільки відходи виробництва являють собою саме невикористану або недовикористану сировину. Впровадження маловідходних технологій – складне техніко-економічне завдання.

Часто саме економічні чинники накладають обмеження на впровадження досягнень НТП, оскільки маловідходні технології, при існуючих підходах до оцінки доцільності їхнього застосування, не завжди виявляються ефективними.

Маловідходна технологія – це засіб виробництва, при якому здійснюється оптимальне використання сировини й енергії в технологічному ланцюжку з мінімальним негативним впливом на природне середовище:

- природні ресурси;
- виробництво;
- споживання;
- вторинна сировина.

Для організації маловідходних технологій необхідно, щоб між підприємствами, які складають єдиний маловідходний комплекс, існували тісні зв'язки з кооперації, оскільки відходи одного виробництва є сировиною для іншого. А його відходи, у свою чергу, забезпечують технологічний процес третього і т.д.

Далі наведемо приклади різних маловідходних технологій.

Важливим прикладом комплексного використання відходів є металургійна промисловість. Відходи чорної металургії утворюються вже на стадії видобутку руди. При цьому слід зазначити, що близько 70 % пустих порід і відходів збагачення можна використовувати для виробництва будівельних матеріалів (рис. 7.3).

Металургійний комбінат повного циклу, що випускає чавун, сталь і прокат чорних металів, може включати коксохімічний завод з перетворення кам'яного вугілля на сировину для доменного виробництва.

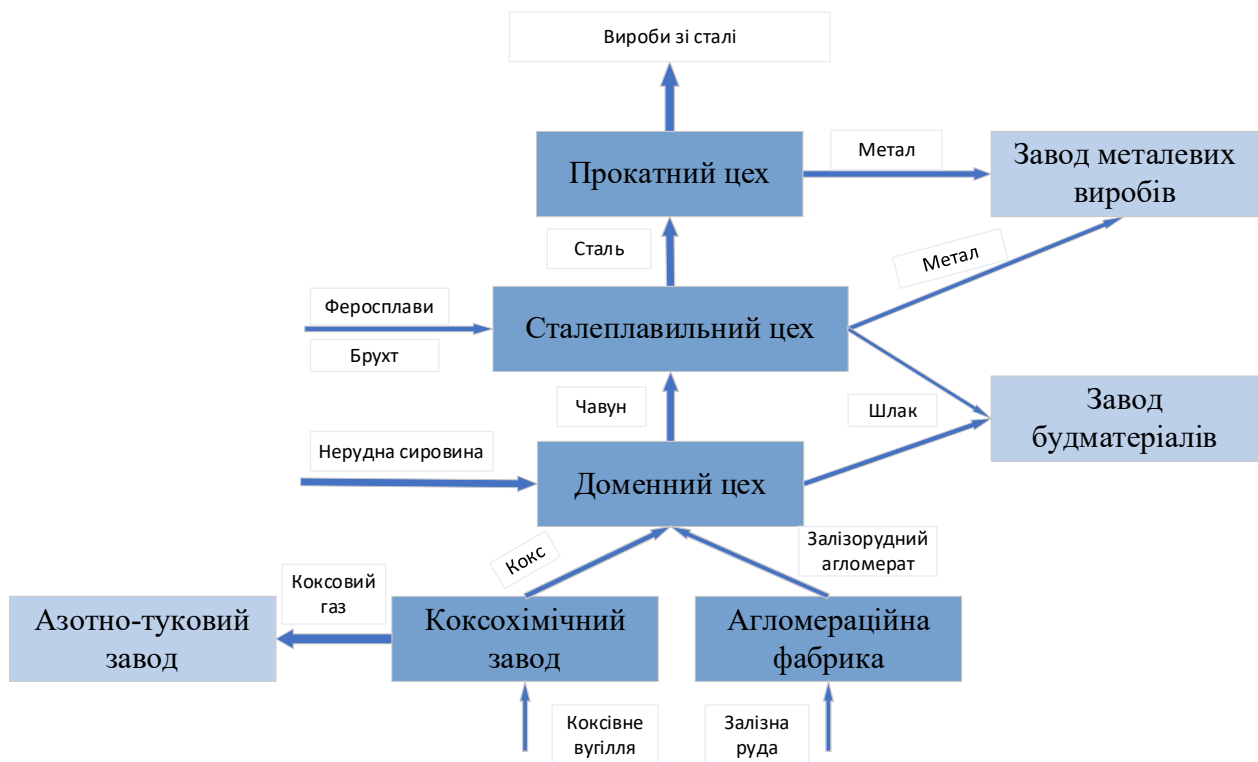


Рисунок 7.3 – Металургійний комбінат повного циклу

Гази, що містять азот, є сировиною для виробництва азотних добрив, синтетичного каучуку, пластмас, синтетичних смол, гумовотехнічних виробів, - отже поруч повинні бути відповідні виробництва.

Після виплавки чавуну залишається шлак - сировина для цементної і будівельної індустрії; виділяються гази - сировина для хімічної промисловості.

При доменному виробництві звільняється значна кількість тепла, що може бути використана для підігріву повітря або обігріву помешкань.

Значні обсяги газоподібних і твердих відходів утворюються в паливно-енергетичному комплексі. Золошлакові відходи ряду теплових електростанцій (ТЕС) використовуються в промисловості будівельних матеріалів. Для виготовлення глинозольної та золосилікатної цегли, керамзитозолобетону, пористих заповнювачів бетонів та ін. застосовуються золошлаки і золи Бурштинської, Ладжинської, Курахівської, Вуглегірської ГРЕС, Черкаської ТЕС та ін. (рис. 7.4).

Варто зазначити, що застосування золошлаків в значних обсягах можливе лише після додаткового їх вивчення на вміст радіоактивних і токсичних компонентів [8-10, 17].

Для машинобудівного комплексу перспективним є впровадження маловідходних та безвідходних технологій виготовлення заготовок деталей машин, що дозволяє зменшити кількість відходів і відповідно зменшити навантаження на навколишнє середовище. Технологічна собівартість може бути суттєво знижена за рахунок впровадження точних заготовок. Такими заготовками є заготовки, що отримуються методами порошкової металургії та із композиційних матеріалів.

Перспективним напрямком використання твердих відходів лісопильно-деревопереробного виробництва є переробка їх на технологічну тріску для целюлозно-паперової промисловості, виробництва деревних плит та гідролізу.

Другим перспективним напрямком використання великих кускових відходів є виготовлення клеєної пилопродукції.



а



б

Рисунок 7.4 – Українські ТЕС [50, 51]

*а – Трипільська (черкаська) ТЕС; б – Буриштинська ТЕС*

Всі види відходів лісопильно-деревообробного виробництва можна використовувати для хімічної переробки (для гідролізу, сухої перегонки, газифікації). Також перспективним є використання відходів деревини у виробництві біопалива. Перевагою біомаси як палива є:

- відновлювальний характер;
- низька зольність;
- незначна кількість викидів;
- збереження рівноваги вуглекислого газу в атмосфері.

На будівельному виробництві для запобігання утворенню сміттєзвалищ будівельного сміття сьогодні запропоновано екологічну концепцію утилізації відходів на будівельних майданчиках в умовах міста, що базується на принципах «стійкого будівництва». Вона передбачає систему альтернативних варіантів переробки будівельних відходів. Сортування відходів на будівництві сприяє їх повторному використанню. За рахунок повторного використання економляться матеріали та знижується загальна кількість відходів. При цьому перевага надається варіанту, коли матеріал використовується наново без значної переробки. Цей варіант особливо актуальний під час реконструкції, реставрації та знесення будівель.

Другий варіант передбачає переробку відсортованих відходів, так званий "ресайклінг" ("recycling"). Основним недоліком цього варіанта є необхідність додаткових енергетичних, транспортних витрат тощо. Крім того, у процесі переробки відходів у нові матеріали можуть виділятися шкідливі речовини.

Третій варіант – це спалювання відходів будівельних матеріалів, наприклад, дерева, синтетичних матеріалів і т.п., що після сортування краще, ніж вивезення відходів на звалище. При спалюванні виділяється теплова енергія, яку можна використати. Варіанта «звалища», що надає величезні навантаження на навколишнє середовище, завдяки перерахованим вище альтернативним варіантам практично можна уникнути.

З точки зору утворення стічних вод наявність обігової системи водного господарства є одним з найважливіших показників як технічного рівня промислових підприємств, так і їх мінімального впливу на довкілля. Впровадження систем обігового водопостачання дозволяє різко знизити кількість стічних вод, що скидаються, і зменшити потреби у свіжій воді, що дає значний економічний і екологічний ефект.

Обігові системи широко використовуються в системах водного охолодження як на підприємствах металургійного комплексу, так і на багатьох інших виробництвах. До обігових систем можна також віднести закриті системи теплопостачання.

Наприклад, підприємства шкіряної промисловості належать до високозабруднюючих і токсичних. У стічних водах таких виробництв містяться жири, сульфати, сульфіді, хлориди, луги, кислоти. Через наявність великої кількості органічних речовин, які важко окиснюються, стічні води можуть загнивати. Можливими напрямками обігового використання стічних вод на подібному виробництві є:

- пряма рециркуляція розчинів з їх регенерацією, що дозволить зменшити споживання води до 10 %;
- оборотне використання біологічно очищених стічних вод, яке зменшить споживання води в процесах до 50 %;
- багаторазове використання умовно очищених вод від сушарок, що зменшить витрати води на 5 %.

### **Контрольні питання до розділу 7**

1. Назвіть основні принципи організації екологізованих технологій.
2. Які існують підходи до Концепції безвідхідної технології?
3. Дайте визначення безвідходній технології.
4. Що таке маловідходне виробництво?
5. Наведіть приклади застосування маловідходних технологій.

## РОЗДІЛ 8 СУЧАСНИЙ СТАН ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

Наразі в Україні на відміну від більшості країн ЄС на даний час застосовується переважно один метод поводження з побутовими відходами, а саме складування на полігонах. Побутові відходи в Україні в основному захороняються на 4157 сміттєзвалищах і полігонах загальною площею близько 7,4 тисяч гектарів.

В цілому загальноприйняте складування твердих побутових відходів на полігонах створює цілу низку проблем, серед яких найістотнішими є такі:

- швидке надмірне переповнення існуючих полігонів через недостатнє ущільнення відходів – середня щільність відходів у тілі полігону рідко перевищує  $0,5 \dots 0,6 \text{ т/м}^3$ ;
- негативні фактори впливу на довкілля – забруднення підземних вод фільтратом, виділення неприємного запаху, самозаймання відходів, забруднення прилеглих територій легкими фракціями (папір, поліетилен тощо), створення сприятливого середовища для розмноження комах, гризунів, безпритульних тварин;
- відсутність площ, придатних для влаштування полігонів на оптимальній відстані від населених пунктів;
- нездатність дієвого контролю за впливами полігонів на довкілля, особливо після їх закриття.

Полігонні технології себе вичерпали і в провідних європейських країнах ставлення до них є вкрай негативним.

Сміттєспалювальні заводи знайшли широке застосування в країнах з високою густотою населення (ФРН, Японія, Швейцарія, Бельгія та ін.). Проте експлуатація цих заводів у порівнянні зі сміттєпереробними підприємствами і полігонами потребує значно більших капітальних та експлуатаційних витрат.

Особливо значна частина витрат іде на фільтри, що очищують викиди в повітря і роблять їх безпечними для довкілля, а також утилізацію та знешкодження токсичної золи та шлаку, які утворюються при спалюванні ТПВ у значній кількості (до 30 % від сухої маси відходів).

Термічний метод знешкодження відходів, як показує досвід експлуатації в Україні сміттєспалювальних заводів, також може бути джерелом забруднення довкілля, оскільки при недотриманні технологічного режиму спалювання в атмосферу можуть потрапити токсичні речовини.

Побутові відходи в Україні в основному захороняються на 4157 сміттєзвалищах і полігонах загальною площею близько 7,4 тисяч гектарів. За даними Світового банку, незважаючи на скорочення населення обсяг відходів усе одно зростає по причині того, що країна продовжує виробляти, продавати, купувати продукцію. Дослідження показало, що при рості ВВП на 1 %, обсяг відходів збільшується на 0,2 % [3, 4, 9, 13].

В Україні під переробленням (обробленням) відходів розуміють 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.

Тобто, переробка це підготовчий етап до здійснення подальших операцій, зокрема утилізації (використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів, спалення з метою вироблення теплової чи електричної енергії) чи видалення (здійснення операцій з відходами, що не призводять до їхнього використання як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів, зокрема захоронення, спалення без вироблення теплової чи електричної енергії тощо).

За даними Мінрегіону у 2017 році в Україні (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилося близько 52 млн м<sup>3</sup> або близько 10 млн тонн побутових відходів. З них перероблено та утилізовано лише близько 6,6 % побутових відходів, з яких: 2,48 % спалено та 4,18 % потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттепереробні заводи, всі інші були захоронені чи вивезені на стихійні сміттєзвалища. Статистика утворення відходів в Україні у порівнянні з країнами ЄС за 2017 рік, наведена на рис. 8.1.

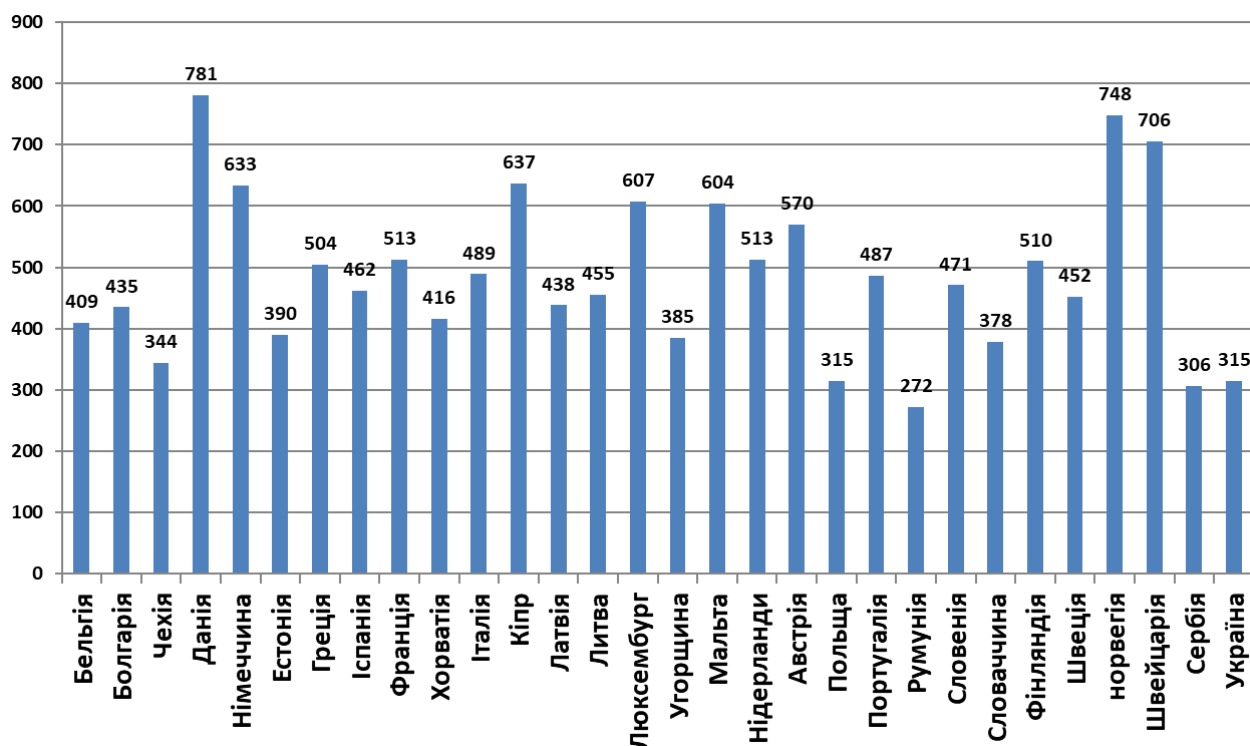
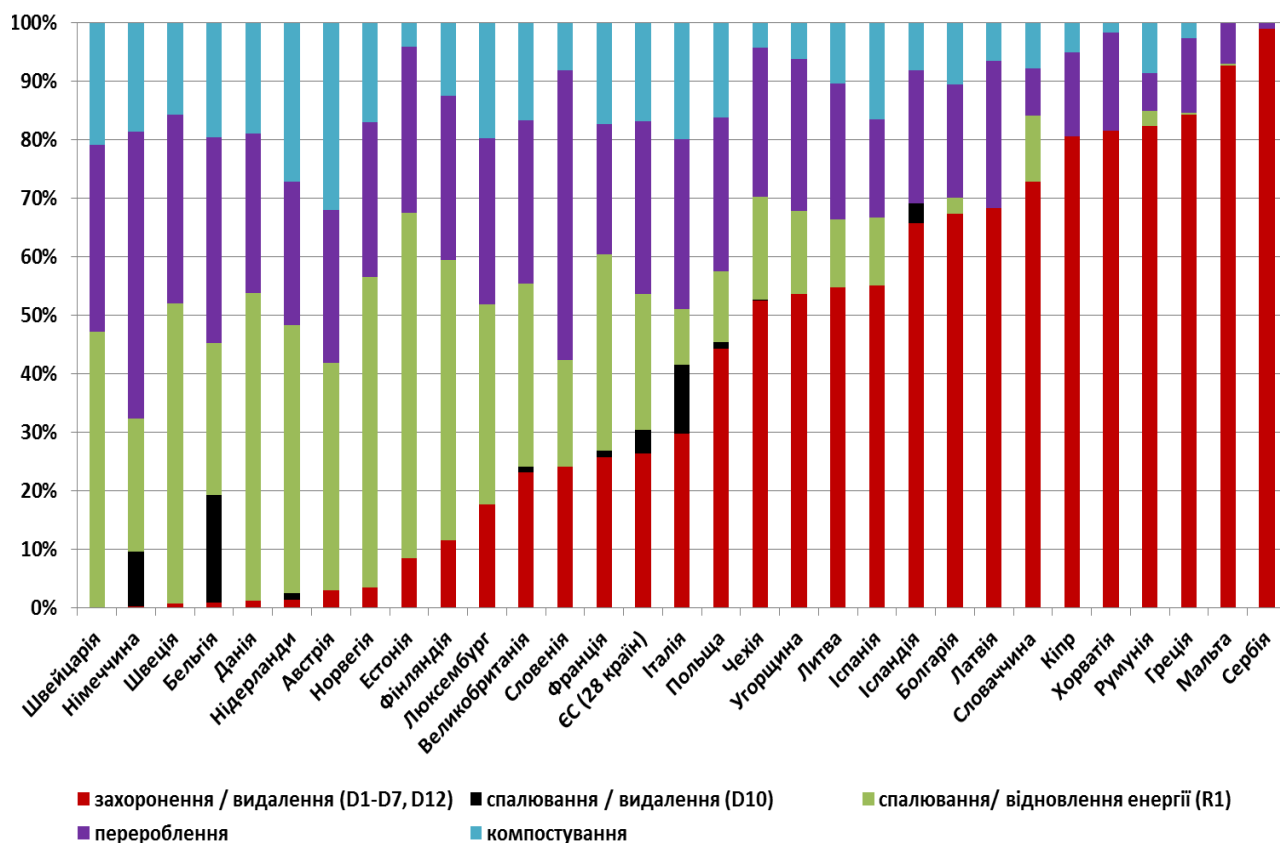


Рисунок 8.1 – Утворення побутових відходів в країнах ЄС та Україні (кг/особу/рік), 2017 рік (за даними Євростат)

На відміну від країн Європи, де значна частина відходів підлягає вторинній переробці, в Україні ефективність застосування методики рециклінгу знаходиться на стадії вивчення. Тобто за фактом у нас не існує галузі з переробки та утилізації відходів (рис. 8.2).

Інфраструктурні показники поводження з твердими побутовими відходами в Україні (2017) та країнах ЄС у 2015 році наведені в табл. 8.1.



Таблиця 8.1

**Інфраструктурні показники поводження з твердими побутовими відходами в Україні (2017) та країнах ЄС у 2015 р. (за матеріалами Євростату та Мінрегіонбуду України)**

| Інфраструктурні складові поводження з відходами | ЄС – 28 (2015 р.) |       | Україна (2017 р.)  |        |
|-------------------------------------------------|-------------------|-------|--------------------|--------|
|                                                 | млн т             | %     | млн м <sup>3</sup> | %      |
| Видалення на полігони                           | 61,9              | 26,3  | 48,59              | 93,35  |
| Спалювання                                      | 64,4              | 27,4  | 1,29               | 2,48   |
| у т.ч. як операція з відновлення енергії        | 54,9              | 23,3  | -                  | -      |
| як операція з видалення                         | 9,5               | 4,0   | -                  | -      |
| Перероблення                                    | 109,1             | 46,3  | 2,17               | 4,17   |
| у т.ч. компостування                            | 39,7              | 16,9  | 0,00               | 0,01   |
| Всього                                          | 235,4             | 100,0 | 52,05              | 100,00 |

Основна інформація щодо полігонів та сміттєзвалищ ТПВ за 2017 рік наведена у табл. 8.2.

Таблиця 8.2

**Основні інформація щодо полігонів та сміттєзвалищ ТПВ, 2017 рік (за даними Мінрегіон України)**

| Показник                                                                                               | Кількість                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Всього сміттєзвалищ і полігонів, од., у т.ч.:                                                          | 5 434                             |
| перевантажених                                                                                         | 309 од. (5,7 %)                   |
| не відповідають нормам екологічної безпеки                                                             | 1347 од. (25 %)                   |
| Площа наявних сміттєзвалищ і полігонів, га                                                             | 8 575,48                          |
| Кількість сміттєзвалищ, що потребують паспортизації, од.                                               | 1953                              |
| Паспортизовано, од.                                                                                    | 294 од. (15,0 %)                  |
| Кількість сміттєзвалищ, що підлягають рекультивації, од.                                               | 550                               |
| Фактично рекультивовано                                                                                | 74 од. (13,5 %)                   |
| Потреба у будівництві нових полігонів, од. (виходячи з містечкових потреб, а не регіонального підходу) | 424 од                            |
| Кількість несанкціонованих сміттєзвалищ виявлених протягом 2017 року                                   | 30,18 тис. од.<br>(0,89 тис. га). |
| Кількість несанкціонованих сміттєзвалищ ліквідованих протягом 2017 року                                | 29,84 тис. од.                    |

Щоб якісно переробити відходи, їх потрібно відсортувати на фракції і найкраще у місці їхнього утворення. Найдешевший метод – сортування, а саме сортування за місцем утворення, тобто роздільний збір. Разом з тим, в Україні практично відсутня культура роздільного збору побутових відходів серед населення. Подібні системи існують епізодично і, таким чином, практична користь від них наближена до нуля. Статистика таких впроваджень у 2009...2019 р.р. наведена на рис. 8.3.

Хоча ми і можемо побачити позитивну динаміку з рис. 8.3, але все одно темпи впровадження роздільного збору є на сьогодні недостатніми.

За даними Мінрегіону сортування ТПВ в Україні забезпечують 25 сміттєсортувальних ліній, які функціонують у Вінниці, смт Муровані Курилівці (Вінницька область), селі Брище (Волинська область), Дніпрі, Краматорську (Донецька область), Запоріжжі, Кропивницькому, м. Червонограді і селі Єлиховичі (Львівська область), селах Абрикосове та Доброжанове (Одеська область), селі Плебанівка (Тернопільська область), Сумах, Чернівцях.

Також сміттєсортувальні лінії є у Білій Церкві, Обухові, Бучі, Ірпені, Володарці Київської області і у Києві (6 сортувальних ліній). При цьому загальна частка відсортованих відходів дуже низька. Так, у 2018 році лише 4,2 %

побутових відходів потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи.

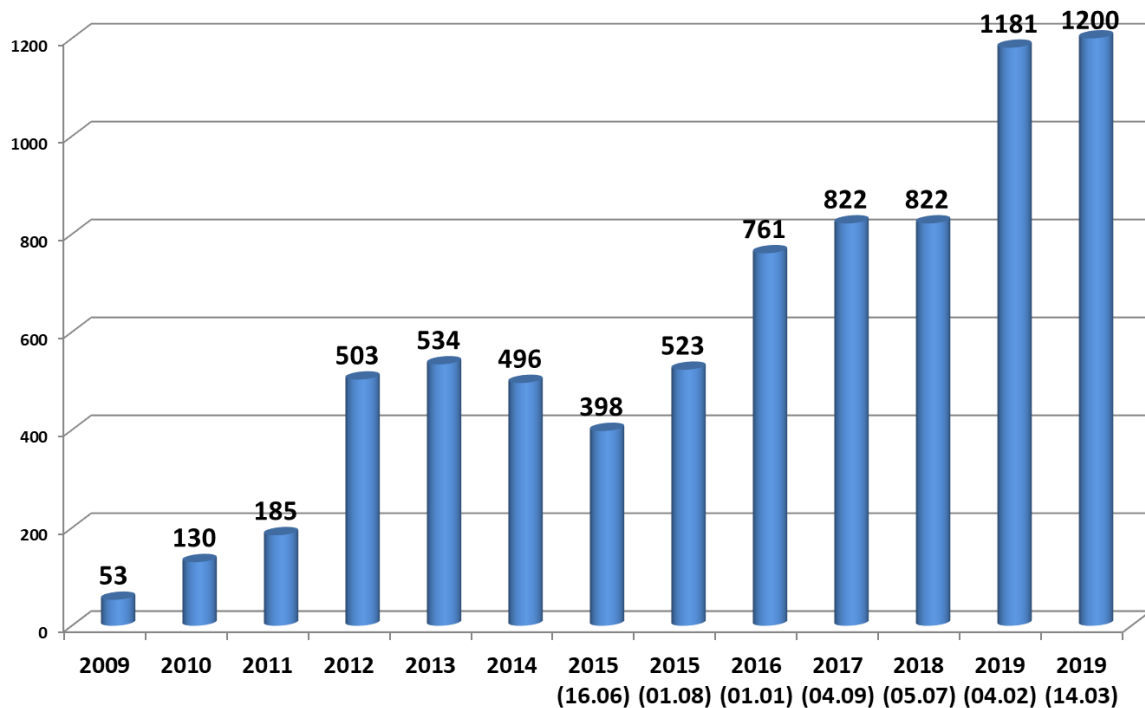


Рисунок 8.3 – Впровадження роздільного збирання ТПВ в Україні, кількість населених пунктів (за виключенням тимчасово окупованих територій)

Існуючі усереднені дані морфологічного складу відходів до вилучення ресурсоцінних компонентів неформальним сектором, які утворюються в Україні, наведені на рис. 8.4.

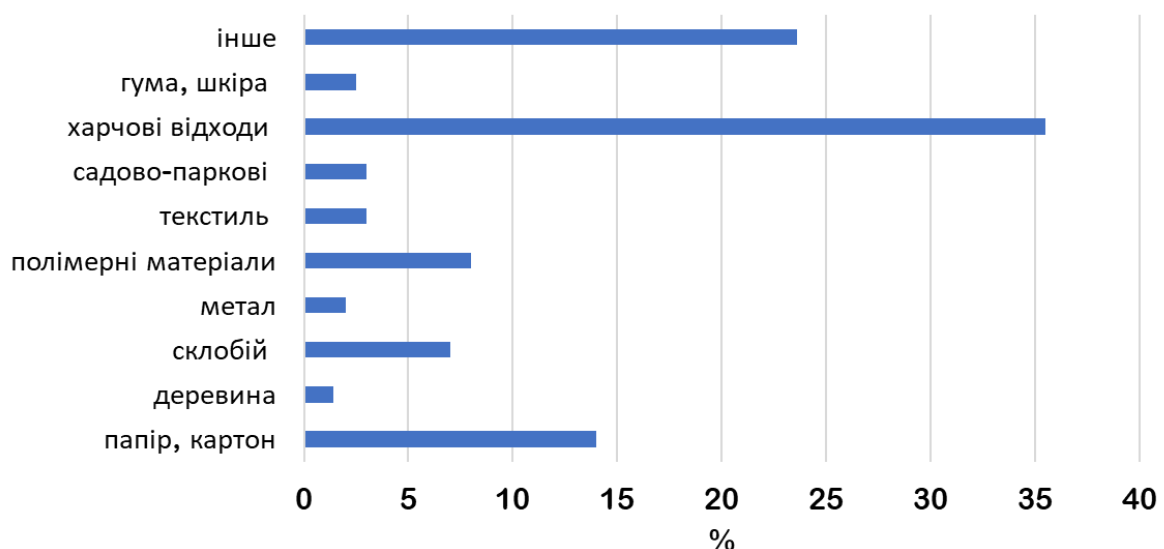


Рисунок 8.4 – Усереднені дані морфологічного складу відходів, що утворюються в Україні

Перешкоджає належному переробленню відходів не лише відсутність технологій, а й законодавча неврегульованість. Зокрема основними факторами, які впливають на ситуацію щодо поводження з побутовими відходами, визнані:

- розвиток інфраструктури (тобто наявності заводів з утилізації відходів тощо);
- фінансування (дуже тісно пов'язано з розмірами тарифів та платоспроможністю населення);
- нормативно-правового забезпечення та дотримання вимог законодавства.

Між тим у 2017 році в Україні працювали наступні заводи, що використовували для виробництва продукції вторинну сировину (за даними асоціації «Укрвторма»):

- 16 склозаводів, що використовують склобій у виробництві продукції;
- 17 картонно-паперових заводів, що використовують для виробництва своєї продукції підготовлені відходи паперу та картону (вторсировина);
- 39 підприємств, що переробляють заготовлені вторинні полімери;
- 19 компаній, що переробляють заготовлену ПЕТ пляшку;
- 16 заводів, що переробляють металобрухт;
- Завод «Утиліта» (м. Новомосковськ, Дніпропетровська область): сортує склобій за кольорами;

Зміївська паперова фабрика (Харківська обл.) – перероблення макулатури та упаковки типу ТетраПак (комбінована упаковка) [3, 4, 9, 13].

Для спалювання відходів в Україні працює лише один завод «Енергія» у м. Києві (рис. 8.5), а також 3 сміттєспалювальні установки.



Рисунок 8.5 – Сміттєспалювальний завод «Енергія», м. Київ [52]

Завод «Енергія» було введено в експлуатацію в 1988 році. Проектна потужність 250 тис. т/рік. Завод забезпечує спалювання 17...18% відходів, що

утворюються у м. Києві. Енергія, що утворюється, використовується для опалення частини району Позняки м. Києва.

Ще 2 сміттєспалювальні установки знаходяться в м. Харкові (ДП «Південні залізниця») та 1 – у м. Люботин Харківської області (ДП «Південні залізниця»). Потужність всіх трьох установок дуже мала – близько 10 тис. т на рік. Всі вирішують вузьке питання деяких відходів, що утворюються на залізниці.

### **Контрольні питання до розділу 8**

1. Порівняйте способи поводження з відходами в країнах ЄС та Україні.
2. Які проблеми створює загальноприйняте складування твердих побутових відходів на полігонах.
3. Охарактеризуйте поняття перероблення (оброблення) відходів.
4. Вкажіть основні фактори, які впливають на ситуацію щодо поводження з побутовими відходами в Україні.

## РОЗДІЛ 9 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЛАСТМАС

Полімерні матеріали знаходять все більше використання, темпи приросту споживання пластиків в глобальному масштабі випереджають темпи зростання попиту на інші матеріали.

Починаючи з 60-х років минулого століття, світове виробництво пластмас зросло в двадцять разів з 1960-х років, досягнувши 322 мільйони тонн у 2015 році. Це підтверджується такими цифрами: в 2014 році в країнах Європи серед полімерних відходів частка упаковки складала 63 %, відходи будівництва – 6 %, відходи автоіндустрії – 5 %, відходи електротехніки та електроніки – 5 % інші відходи – 16 %.

Вся множина марок пластмас нараховує близько 10000 назв. Пластики є серйозними конкурентами металу, склу, кераміці. Маючи унікальні властивості і відносно низьку ціну, в останні десятиліття вони переважають практично у всіх сферах людського життя.

Разом з тим полімерні матеріали мають два принципових недоліки:

- По-перше, більшість пластиків виробляється з вуглеводневої сировини, що не відновлюється і природні запаси якої обмежені.
- По-друге, вони дуже повільно розкладаються у природі, що приводить до виникнення значної екологічної проблеми - пластиковому забрудненню навколишнього середовища.

Для повного розкладання пластикової пляшки під дією ультрафіолету та перепадів температур необхідно від ста до п'ятисот років [14, 16].

Пластикові відходи (рис. 9.1) перешкоджають газообміну в ґрунтах і водоймах, вони можуть бути проковтнуті тваринами, що призводить до загибелі останніх.



Рисунок 9.1 – Полімерні відходи [53]

При їх розкладанні в оточуюче середовище виділяються шкідливі хімічні реагенти (стирол, фенол, формальдегід, уретан тощо), які отруюють ґрунт, чинять негативний вплив на людину і інші живі організми.

Уже сьогодні у розвинених країнах спостерігається катастрофічне зростання обсягу відходів виробництва та споживання пластмас. Екологічною катастрофою сучасності є забруднення пластиковими відходами вод Світового океану (рис. 9.2).



Рисунок 9.2 – Забруднення відходами пластику Світового океану [54]

Пакети в умовах океану чи полігону розпадаються на тисячі мікроскопічних часточок та можуть забруднювати токсичними речовинами воду, ґрунти та повітря упродовж 1000 років. Не зважаючи на це, покупці продовжують користуватись пакетами - в середньому, 150 пакетів на людину щороку -загалом 500 мільярдів пакетів.

В першу чергу, необхідність утилізації полімерних відходів диктується інтересами захисту навколишнього середовища. Використання відходів полімерів дозволяє істотно економити первинну сировину, оскільки на їх виробництво витрачається до 4 % всієї нафти, що видобувають у світі .

Зростаючий попит на пластмаси при збереженні значних цін на сировину та електроенергію, а також одночасне зростанні вартості їх захоронення створює передумови для повторного використання полімерних відходів.

Результати економічного аналізу свідчать, що капітальні та експлуатаційні витрати за основними способами утилізації полімерних відходів не перевищують витрати на їх захоронення [14, 16].

Найбільшу складність представляє утилізація відходів споживання населенням пластмас, обсяги утворення яких в 3...4 рази перевищують обсяги утворення промислових відходів. Види відходів пластмас наведені на рис. 9.3.



Рисунок 9.3 – Види пластмас

Промислові відходи виробництва, які утворюються при синтезі та переробці термопластичних полімерів - це кромки, висічки, обрізки, литники, облой, дефектні вироби і т.д. У галузях промисловості, що займаються виробництвом і переробкою пластмас, таких відходів утворюється від 5 до 35 %. Вони представляють собою високоякісну сировину і за властивостями не відрізняються від вихідного первинного полімеру

Відходи виробничого споживання - накопичуються в результаті виходу з ладу виробів з полімерних матеріалів, що використовуються в різних галузях народного господарства (тара та упаковка, деталі машин, ізоляція проводів, теплоізоляція, будівельні погонажні вироби, відходи тепличної плівки, мішки з-під добрив тощо). Ці відходи досить однорідними, малозабрудненими і тому являють інтерес з точки зору їх повторної переробки [12-14].

Змішані відходи суспільного споживання накопичуються, в домашньому господарстві, на підприємствах громадського харчування тощо. Обсяги утворення полімерних відходів суспільного споживання в 3...4 рази перевищують обсяги утворення відповідних промислових відходів. Більшість пластиків не можна змішувати при переробці, отже, постає необхідність їх ефективного сортування. Утилізація таких відходів сильно ускладнюється через прагнення виробників пластмас підвищити їх декоративність, привабливість, що пов'язано з введенням до їх складу різноманітних добавок. Переробка ускладнюється у випадках, коли полімерні матеріали забруднені нафтопродуктами, різними технічними рідинами, засмічені металевими скріпками, шурупами, наклейками тощо.

Існує ряд проблем, пов'язаних з утилізацією вторинної полімерної сировини:

- організація збору, сортування та первинної обробки відходів полімерних матеріалів різного складу;
- розробка системи цін на вторинну полімерну сировину, що стимулюють підприємства до створення ефективних способів переробки, а також методів її модифікації з метою підвищення якості;
- необхідність застосування спеціального обладнання для утилізації полімерів;

- розробка номенклатури виробів, які доцільно виробляти з вторинної полімерної сировини.

Найбільш часто переробляються у якості вторинної сировини відходи наступних термопластичних полімерів:

1. Поліетилентерефталат (ПЕТ) являє собою складний термопластичний поліефір терефталевої кислоти і етиленгліколя. В СРСР - лавсан. Аналогічні волоконні матеріали, що виготовляються в інших країнах, отримали назви: терілен, дакрон, тергал, поліестер, мелінекс, майлар тощо. Продукт поліконденсації етиленгліколю з терефталевою кислотою - це тверда, безбарвна, прозора речовина в аморфному стані і біла, непрозора у кристалічному стані.

2. Поліетилен високого тиску (ПВТ) - сировина для виготовлення плівок та пакетів.

3. Поліетилен низького тиску (ПНТ) - полімер, що використовується, переважно, для виробництва пляшок та пакетів для молочних продуктів, косметичних засобів (шампуні), кришечок від пляшок, одноразового посуду, контейнерів для продуктів харчування, іграшок.

4. Полістирол (ПС) - полімер, з якого отримують одноразовий посуд, стаканчики для йогуртів, упаковку, іграшки, теплоізоляційні та пакувальні пінопластові вироби.

5. Поліпропілен (ПП) - пластик, з якого виготовляють бампери, корпуси акумуляторів, деякі деталі двигуна, блоки запобіжників, деталі салону, і кузова автомобілів, кришки пластикових пляшок.

6. Полівінілхлорид (ПВХ) - полімер, з якого виробляють лінолеум, метало-пластикові віконні профілі, меблі, штучну шкіру, плівки для натяжних стель, труби, ізоляцію дротів та кабелів.

На сьогоднішній день річний об'єм утворення пластикових відходів у світі перевищує 300 млн. т. З них більша частина припадає на поліетилен (близько 32 %), біля 18 % – на поліпропілен, 11 % – на відходи ПЕТ-тари, 14 % – на різні волокна (з яких більша частина – поліефірні, ПЕТ).

На практиці відходи полімерів переважно представлені використаною пластмасовою тарою, виготовленою з поліетилентерефталату і поліолефінів - поліетилену, поліпропілену, полістиролу.

При наявності великих обсягів вихідної сировини, розсортовані за видами полімерів, відходи пластмасової тари є цінною сировиною для отримання вторинних пластиків. В той же час термореактивні пластмаси утилізувати складно і їх відходи переважно спалюють або захоронюють.

В більшості випадків вирішення питань, пов'язаних з утилізацією полімерних відходів є затратною технологією.

Вартість обробки і знищення відходів пластмас приблизно в 8 разів перевищує витрати на обробку більшості промислових відходів і майже в 3 рази - на знищення побутових відходів. В зв'язку з цим спалювання виглядає найбільш відпрацьованим і використовуваним способом утилізації полімерних матеріалів для вирішення проблеми відходів в країнах, де роздільний збір не запроваджено взагалі, або ж слабо розвинений.

Отримання енергії за рахунок спалювання полімерних відходів привертає у світі все більшу увагу з причини зростання цін на органічне паливо. У деяких випадках відходи полімерів не можна переробити у вторинний гранул або композиційні матеріали, що пов'язано з високим ступенем їх забруднення. Це відноситься перш за все до твердих побутових відходів, в яких частка пластмасової фракції (плівка, пакети та інші види упаковки) досить значна.

Найбільш раціональними методами утилізації відходів в подібних випадках є термічні методи. Полімери допускається спалювати у спеціальних печах, обладнаних фільтрами, що очищають шкідливі гази.

В даний час запропоновано термічний метод утилізації пластмас з їх використанням як добавки до палива в металургійному виробництві (доменних печах) у якості джерела енергії і відновника. Цей спосіб зменшує викиди токсичних речовин з причини протікання високотемпературних процесів та дозволяє повністю забезпечити в доменних печах утилізацію полімерних відходів.

Серед методів утилізації відходів полімерних виробів найбільше розповсюдження знаходить механічний рециклінг. Ця технологія включає подрібнення полімерних відходів, відмивання та, при необхідності, вторинне сортування, наприклад, за видами полімерів, кольором тощо.

У світовій практиці утилізації пластмас також застосовують технології хімічного рециклінгу, який являє собою деполімеризацію і/або деструкцію пластикових відходів з метою отримання їх складових мономерів, або вуглеводневих попередників мономерів, які можуть бути використаними у якості нафтохімічної сировини або енергетичних ресурсів.

До методів хімічного рециклінгу відносяться піроліз, газифікація, гідрокрекінг, каталітичний крекінг тощо. Хімічний рециклінг дозволяє здійснити повернення ресурсів в той же виробничий цикл, в результаті якого утворився первинний виріб.

## **Контрольні питання до розділу 9**

1. Які принципові недоліки мають полімерні матеріали?
2. З якими екологічними проблемами стикається світ при забрудненні полімерними відходами.
3. Які проблеми, пов'язані з утилізацією вторинної полімерної сировини, ви можете назвати?
4. На які види поділяються відходи пластмас?
5. Назвіть основні технології у світовій практиці з утилізації пластмас.

## РОЗДІЛ 10 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ГУМОВИХ ВИРОБІВ

Світовий ринок гумовмістних відходів (натуральних і синтетичних) поділяється: зношені шини та гумові вироби. Загальносвітові запаси зношених автомобільних шин – ключового сегменту гумових відходів – складають близько 25 млн. т, а щорічний приріст становить не менше 7 млн. т (рис. 10.1) [8, 9, 14].



Рисунок 10.1 – Гумовмісні відходи [55, 56]

Відповідно до прогнозу, в найближчі роки проблеми утилізації гумовмістних відходів будуть лише поглиблюватися.

Зношені шини є одним із значних джерел забруднення навколишнього середовища оскільки:

- мають дуже тривалий період біологічного розкладання;
- є вогнебезпечним, хоча і не легкозаймистим матеріалом, але в разі загоряння гасити пожежу досить важко;
- при складуванні у шинах накопичується вода, що робить їх ідеальним місцем для розмноження гризунів і комах, переносників інфекційних захворювань;
- контакт шин з дощовими опадами і ґрунтовими водами супроводжується вимиванням у ґрунт ряду токсичних органічних сполук.

Шини, які були у вживанні, являють собою цінну вторинну сировину, що містить до 60 % каучуку, 25...35 % технічного вуглецю, до 17 % сталюого дроту.

Одним із шляхів подовження терміну експлуатації шин є відновлення - капітальний ремонт, при якому оновлюється протектор шини, з метою продовження терміну їх експлуатації. Незначна частина зношених шин використовується у якості кранців в морських і річкових портах, як бортові демпфуючі елементи морських буксирів та на ігрових майданчиках.

Також шини можуть використовуватися як кріплення укосів, стабілізаторів ґрунту в дорожньому будівництві, як дренажний шар для захисту річкового або морського узбережжя. Застосування зношених шин для цих цілей є обмеженим і лише в незначній мірі пом'якшує проблеми утилізації зношених шин [13-15].

Для утилізації гумових виробів, переважно автомобільних шин, на даний момент знайшли розповсюдження механічний і термічний методи.

У глобальному масштабі утилізація гумовмістних відходів здійснюється наступним чином:

- від 3 до 15 % використовується у виробництві нової гумової продукції;
- 5...23 % знаходить інше застосування (наприклад, , використовуючи гумову крихту у дорожньому будівництві);
- від 20 до 30 % захороняється на полігонах.

Значна частина гумовмістних відходів спалюється з отриманням теплової енергії, що широко затребувана на енергомістких виробництвах (у цементній промисловості та на целюлозно-паперових комбінатах).

## **1 Утилізація гуми шляхом спалювання**

Спалювання (термодеструкція) великої кількості шин має історичні причини. Десятиліттями спалювання шин розглядалося як недорогий спосіб отримання енергії. Теплотворна здатність гуми становить 32 ГДж/т, що відповідає характеристикам вугілля високої якості (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 – Спалювання шин [57]

При спалюванні однієї шини від легкового автомобіля виділяється кількість енергії, рівноцінна одержуваній від спалювання 3 л нафти.

Ряд недоліків спалювання шин лежить в самій природі даного методу. Процес спалювання сприяє посиленню парникового ефекту. Крім того, при горінні гумових шин в атмосферу виділяється велика кількість кіптяви з високим вмістом різноманітних небезпечних для здоров'я людини вуглеводнів.

У процесі горіння гуми утворюються небезпечні для здоров'я канцерогенні органічні сполуки пірен, фенантрен, антрацен, флуорантен, біфеніл, флуорен, аценафтен, бенз[а]антрацен, бенз[а]пірен, дібензоантрацен, бутадієн, стирол,

діоксин, фуран, флуорентан та інші. Небезпека кожної з цих органічних речовин підвищується при їх спільній дії на людину.

Продукти грубого подрібнення шин можуть додаватися у кількості до 10 % до низькокалорійних палив для підвищення їх теплотворної здатності. Існують приклади часткової заміни палива (мазут і вугілля) на зношену гуму у цементній промисловості. Спроби рентабельного спалювання зношених шин на теплоелектроцентралях не знайшли широкого розповсюдження, оскільки установки по спалюванню використаних шин мають бути забезпечені дорогим устаткуванням для обмеження викиду шкідливих речовин в атмосферу.

## 2 Переробка гуми в крихту

Основним напрямком переробки відходів гумотехнічних виробів на сьогоднішній день є їх подрібнення і сепарація з отриманням гумової крихти. Даний метод вважається відносно безпечним з точки зору екології і широко застосовується в світі (рис. 10.3).



Рисунок 10.3 – Подрібнена гума [58]

Основна перевага переробки подрібненням зношених автомобільних шин у кінцевий продукт по відношенню до інших методів утилізації полягає у тому, що в одержаних гранулах і пилу зберігаються основні фізичні і хімічні властивості гуми [13-15].

Для подрібнення гуми застосовують окремо або у комбінації наступні методи: ударної дії, вибухової дії, стирання, стиснення, стиснення із зсувом, різання. Переробка шин за допомогою подрібнення - найбільш простий і досить поширений метод.

Переробка подрібненням включає наступні операції:

- первинне руйнування покришок до крупності менше 100 мм за допомогою роторної ножової дробарки чи шредера. Утворений при такому подрібненні продукт носить назву чіпси;

- вторинне дроблення до крупності менше 20 мм за допомогою двороторної ножової дробарки;
- руйнування зв'язків гума-металокорд-текстильний корд у високошвидкісний молотковий дробарці - ударно-імпульсному дезінтеграторі;
- просіювання з відділенням текстильного корду;
- магнітна сепарація;
- додаткове подрібнення крупних гумових фрагментів між вальцями;
- розсіюванням на класи крупності.

Переробка гуми за допомогою подрібнення зберігає технологічні властивості вихідного матеріалу. Подрібнення має значну перевагу у порівнянні зі спалюванням шин у відсутності утворення токсичних викидів. Мінусом даного методу є висока собівартість кінцевого продукту, так як подрібнення шин вимагає спеціального устаткування і вважається малопродуктивним та енергомістким способом переробки.

### **3 Регенерація гуми**

Близько 30 % відходів виробництва гумотехнічних виробів використовують, як правило, на підприємствах, що виготовляють вироби широкого вжитку. Ця додаткова стадія дозволяє отримати універсальну сировину – регенерат, який за властивостями близький до первинного каучуку. Одержуваний регенерат використовують у гумових сумішах як заміник каучуку.

При регенерації гуми повторно використовується її каучуковий компонент. Напівпродуктом для виробництва регенерату є подрібнена гумова крихта розміром 1...2 мм з вмістом текстильних волокон від 2 до 10 %.

Процес девулканізації полягає в нагріванні подрібненої гуми з домішками до температури 160...190°C. При цьому відбувається деструкція вулканізованого каучуку: його структура частково руйнується, виникають розриви в місцях приєднання сірки і безпосередньо в молекулярних ланцюжках.

### **4 Піроліз гумових відходів**

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

Піроліз шин та полімерних матеріалів на даний момент розглядається як найбільш перспективний і екологічний метод їх утилізації. Кількість газів, що утворюються при піролізі і вимагають очищенню, набагато менше, ніж при спалюванні відходів (рис. 10.4).

Під піролізом (газифікацією) відходів органічного походження розуміється необоротна хімічна деструкція органічних компонентів відходів при їх термічному розкладанні без доступу кисню, результатом якого є утворення ряду рідких або газоподібних інгредієнтів.

Піроліз вуглеводнів (від грец. *Pyro* - вогонь і *lysis* - розкладання, розпад) полягає в деполімеризації довгих молекул вуглеводнів на більш короткі при нагріванні в реакторах спеціальної конструкції.



Рисунок 10.4 – Повністю автоматична машина піролізу відходів шин моделі REALTOP [59]

Піролізу піддаються органічні складові відходів (пластмаса, гума, деревина, шкіра). В результаті нагрівання утворюються високовуглецевий твердий залишок і парогазова суміш з парів горючої рідини і суміші горючих газів, які не конденсуються при охолодженні до кімнатної температури.

Співвідношення кількостей одержуваних газоподібних, рідких і твердих продуктів, а також їх склад залежить від умов, при яких протікає процес піролізу, і складу перероблюємих відходів.

Відповідно до температурних умов ведення процесу піролізу поділяються на:

- низькотемпературний піроліз ( $450 \dots 550^{\circ}\text{C}$ ), що характеризується мінімальним виходом газоподібних продуктів та, максимальною кількістю утворюємих смол, олив і твердого залишку;
- середньотемпературний піроліз ( $550 \dots 800^{\circ}\text{C}$ ), при якому збільшується кількість одержуваного газу, а кількість смолистих речовин і олив зменшується;
- високотемпературний піроліз (понад  $800^{\circ}\text{C}$ ), що відрізняється максимальним виходом газу і мінімальним – смолоподібних продуктів.

Високотемпературний піроліз у порівнянні з іншими методами має ряд переваг:

- відбувається більш інтенсивне перетворення вихідного продукту;
- швидкість реакцій експоненціально зростає з збільшенням температури, у той час як теплові втрати зростають лінійно;
- збільшується час теплового впливу на відходи, відбувається більш повний вихід летучих продуктів;
- оскільки процес піролізу проходить при відсутності кисню, то піролізний газ не містить небезпечні діоксини і фурани, які утворюються при спалюванні вуглеводнів.

Швидкість піролізу зростає з підвищенням температури процесу. При високотемпературному піролізі підвищення температур процесу понад 1300°C є небажаним, щоб уникнути розм'якшення та перетворення в розплавлений стан шлакових залишків. При цьому енергетичний баланс процесу піролізу при температурах вище 1000°C є негативним, тобто витрати енергії на проведення процесу значно вищі, ніж теплотворна здатність утворених вторинних продуктів, що отримується.

У випадку нагрівання гумових виробів без доступу кисню умови для горіння відсутні, а відбуваються складні хімічні процеси розпаду на ті вуглеводневі компоненти. Продукт, що утворюється при піролізі у тиглі є складною сумішшю газоподібних, рідких і твердих речовин, склад яких залежить від хімічної природи сировини і температурних параметрів процесу нагрівання.

З 1 т перероблених гумових відходів можна отримати до 450 л синтетичної нафти, 300 кг пірокарбона (з вмістом технічного вуглецю до 85 %), 10 м<sup>3</sup> піролізного газу. До складу піролізного газу входить:

- горюча складова: чадний газ, метан, етилен, сірководень, водень;
- негорюча складова: вуглекислий газ і азот.

До складу піролізних установок входить:

- тигель – ємність, в яку завантажуються сировина для піролізу;
- піролізна піч це топкова камера, в яку зверху для нагрівання встановлюється герметизований тигель з сировиною;
- теплообмінник, в якому піролізний газ, що утворюється в процесі піролізу, конденсується у рідке паливо.

Технологія переробки зношених автомобільних шин в паливо заснована на нагріванні без доступу кисню до температури 400...450°C (низькотемпературний піроліз).

## **Контрольні питання до розділу 10**

1. Чому зношені шини є одним із значних джерел забруднення навколишнього середовища?
2. Назвіть основні шляхи утилізації гуми.
3. Вкажіть основні переваги та операції з переробки подрібненням відходів гумотехнічних виробів.
4. Що розуміється під піролізом (газифікацією) відходів органічного походження?
5. Який склад має піролізний газ?
6. Що входить до складу піролізних установок?

## РОЗДІЛ 11 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ

Моторна олива - це один із найважливіших елементів у конструкції двигуна, який призначений для довгострокової та надійної підтримки його роботи, забезпечення заданого ресурсу двигуна. Виконання цих функцій можливе лише при точній відповідності її властивостей тим термічним, механічним і хімічним впливам, яким олива піддається в процесі роботи, а саме в оливній системі двигуна, на поверхнях, що змащуються та охолоджуються. Взаємна відповідність конструкції двигуна, умов його експлуатації і властивостей оливи - одна з найважливіших умов досягнення високої надійності двигунів. Сучасні моторні оливи повинні відповідати багатьом вимогам [1, 2, 5-7, 11].

За оцінками експертів світові об'єми виробництва змащувальних олив різних марок на сьогодні складає близько 38,5 млн. т на рік. Незначна їх частина (10...20 %) безповоротно втрачається у процесі використання на випаровування, розливи, угар, витік. Основна ж їх маса (80...90 %) поступово забруднюється різноманітними металевими, мінеральними та органічними домішками, зазнає термічного розкладення через взаємодію з нагрітими частинами обладнання, окиснення під дією кисню повітря (рис. 11.1), на них діють такі фактори навколишнього середовища, як тиск, електричне поле та природне освітлення (рис. 11.2).

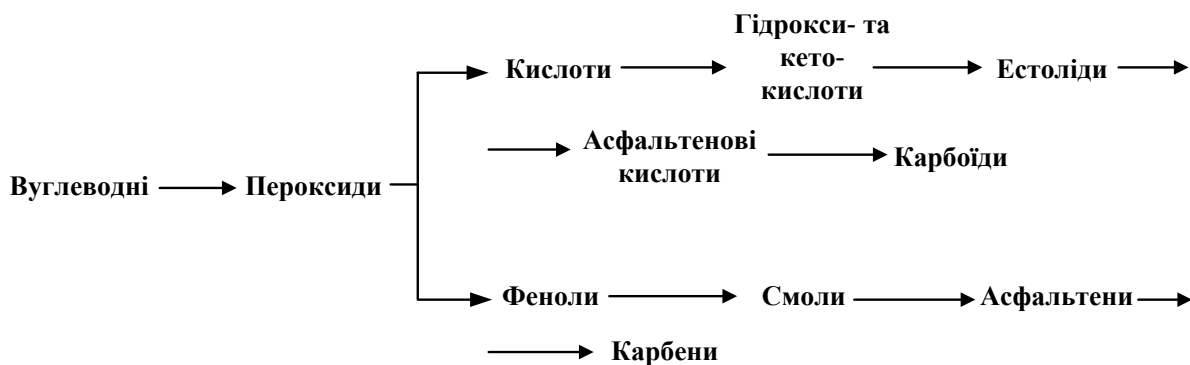


Рисунок 11.1 – Процеси окиснення, що протікають у процесі роботи олив

Як результат, відпрацьована олива повністю змінює свої характеристики і стає дуже густою ілоподібною речовиною чорного або темно-коричневого кольору, густою сумішшю різного роду рідин з добавками твердих речовин - оксидів металів, продуктів зносу [1, 2, 5].

Для забезпечення тривалої надійної роботи у силових агрегатах проводять періодичну заміну олив. У зв'язку з постійним розширенням автомобільного парку помітно зростає і кількість відпрацьованих моторних олив.

Відпрацьовані оливи - основна частина відходів нафтопродуктів, що збираються і накопичуються на транспортних і промислових підприємствах. Значна кількість їх утворюється і на залізничному транспорті.



Рисунок 11.2 – Процеси, що супроводжують роботу оливи

Свої особливості має робота та поступове забруднення моторних оливи, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту. Мастильні матеріали, що використовуються у вузлах тертя локомотивів, знижують втрати потужності на тертя, відводять тепло і захищають вузли тертя від корозії та у багатьох випадках є ущільнюючим середовищем. Двигуни внутрішнього згоряння, що встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчастого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах.

Особливо негативним явищем є потрапляння до оливи навіть у незначній кількості палива або води. При потрапленні дизельного палива в оливу в першу чергу знижується її в'язкість, адгезія і температура спалаху. Неповне згоряння палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення. При потрапленні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчастого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, які забивають оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію. Такі відпрацьовані оливи по закінченні строку роботи видаляють із системи змащування та замінюють свіжими. Їх кількість дорівнює приблизно 31 млн. т на рік. Через вищезазначені зверх нормативні втрати, розливи, витoki реальна кількість зібраних відпрацьованих оливи у світі складає 19 млн. т на рік, тобто половину від прогнозованої цифри [6, 7, 11].

Світове використання моторних оливи складає більше 30 млн. т на рік, приблизно 80 % з цієї кількості складають базові оливи групи I, тобто традиційної селективної очистки (за класифікацією API). Також оливи саме цієї групи у найбільшій кількості виготовляють в країнах ЄС, необхідну якість одержують шляхом додавання до базових оливи різноманітних присадок. За прогнозами експертів, у найближчі роки очікується зростання виробництва оливи III групи з більшими значеннями індексу в'язкості, а також синтетичних оливи, що мають такі

переваги, як меншу залежність в'язкості від температури та низьку температуру застигання, низьку випаровуваність та менше використання і втрати оливи (як результат, економія оливи), кращу стійкість до окиснення та термічну стабільність і т.п. Україна на сьогодні використовує за різними оцінками більше 1 млн. т свіжих оливи на рік і збирає за офіційними даними близько 50 тис. т на рік (5 % від загальної кількості).

Відпрацьовані нафтопродукти є токсичними відходами, які мають невисокий ступінь біорозкладання (10...30 %). Токсичність нафтопродуктів визначається сполученням вуглеводнів, які входять до їх складу. Особливо негативну дію відпрацьовані нафтопродукти мають на центральну нервову та серцево-судинну системи людини, ендокринний апарат організму, знижують гематологічні показники, викликають ураження печінки та щитовидної залози.

Велику шкоду відпрацьовані нафтопродукти спричиняють і навколишньому природному середовищу і особливо водним ресурсам. Так, за оцінками експертів один літр відпрацьованої оливи може забруднити близько семи мільйонів літрів ґрунтових вод (рис. 11.3) [1, 2, 5].

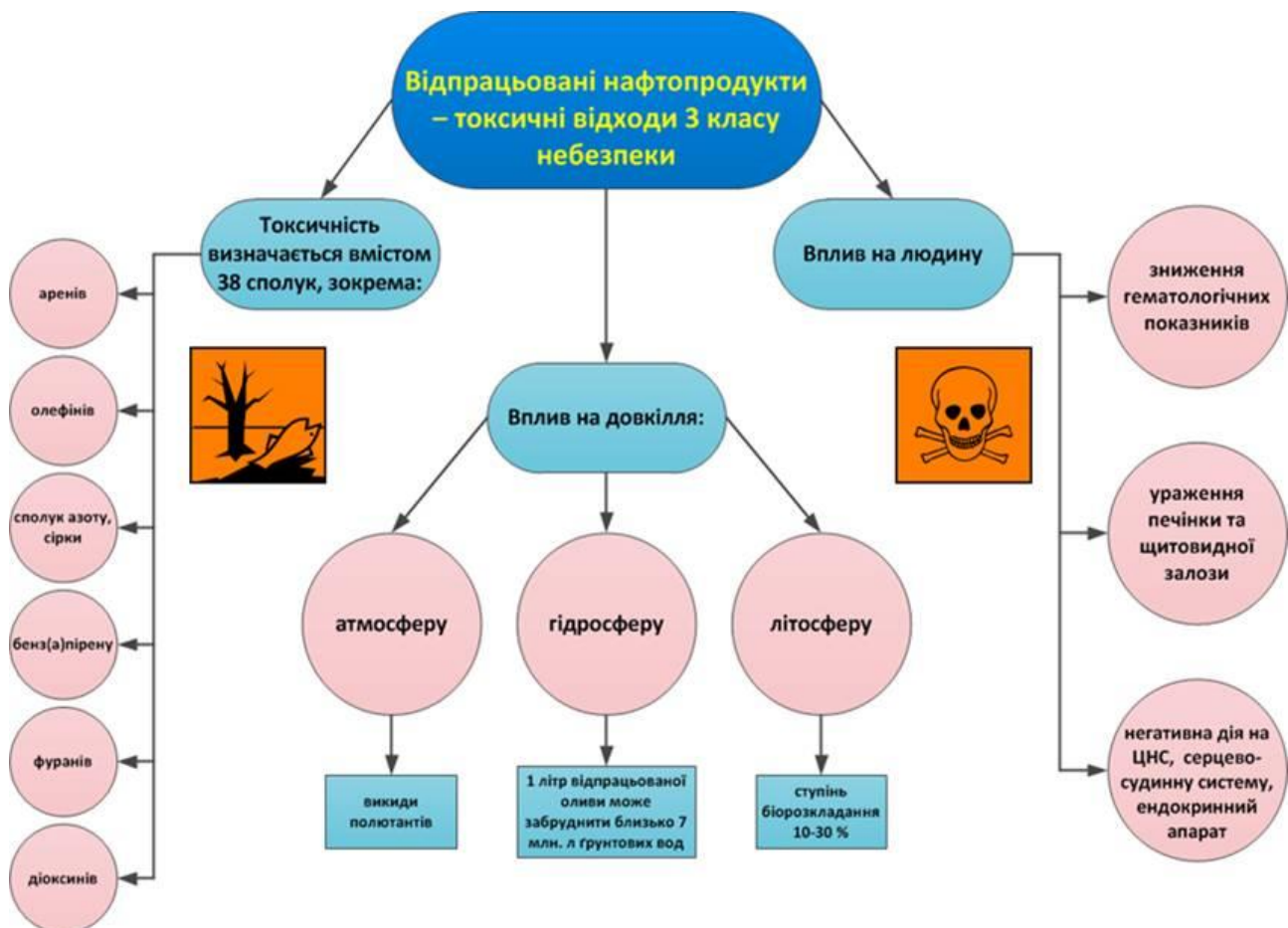


Рисунок 11.3 – Вплив нафтовміщуючих відходів на довкілля і людину

Головним чином, токсичність відпрацьованих оливи зростає через поступове збільшення вмісту бенз(а)пірену, що у значній мірі визначає третій клас токсичності цих відходів. Вміст у відпрацьованих оливах бенз(а)пірену в більшості

країн служить показником їхньої небезпеки, оскільки сумарна токсична дія бенз(α)пірену приблизно в 10000 разів вище, ніж в оксидів азоту, що також утворюються у працюючих оливах. Вміст бенз(α)пірену може збільшуватися до 15 мг/кг (загальний вміст поліциклічних аренів до 482 мг/кг), а частка від загальної канцерогенності відпрацьованої оливи становить 18 %.

Саме тому відпрацьовані нафтопродукти були віднесені світовим співтовариством до категорії небезпечних відходів.

Відпрацьовані оливи містять у своєму складі за різними оцінками близько 38 хімічних сполук, що мають мутагенну та канцерогенну дію. Серед цих сполук, крім бенз(α)пірену, треба виділити фурани, діоксини, поліхлордіфеніли та інші. Останні дві включені Стокгольмською конвенцією у список дванадцяти найтоксичніших стійких органічних забруднювачів планети.

На сьогодні найбільш розповсюдженими оливами, що використовують для легкового автотранспорту, є стандартні М-10Г<sub>2</sub>к, М-10В<sub>2</sub>, М-8В та деякі інші сучасні оливи різних експлуатаційних груп.

На підприємствах залізничного транспорту в двигунах тягового рухомого складу найчастіше застосовують дизельні оливи груп В2 та Г2, а для деяких типів рухомого складу – групи Б2.

Показники якості мастильних матеріалів (експлуатаційні норми) – ряд фізико-хімічних параметрів, які характеризують їх експлуатаційні властивості. До основних експлуатаційних характеристик олив відносять в'язкісно-температурні властивості, стабільність до окиснення, рухливість при низьких температурах.

На підприємствах залізничного транспорту для тягового рухомого складу існує певний перелік бракувальних норм – числових значень параметрів якості, при досягненні яких мастильні матеріали втрачають функціональні властивості.

Дані аналізів порівнюють з бракувальними показниками і таким чином оцінюють експлуатаційну придатність оливи. Олива, що не набула бракувальних параметрів може використовуватись у подальшому; до того моменту, доки хоча б один із бракувальних показників не буде перевищений таку оливу вважають експлуатаційною, тобто такою, що в повній мірі забезпечує надійну роботу двигуна.

При досягненні хоча б одним із показників бракувальних значень, проводять ряд передбачених інструкцією операцій, а саме – перевіряють роботу апаратури та обладнання і замінюють оливу. Крім того, проводять і планову заміну моторної оливи в тепловозних дизелях залежно від типу тепловоза. Відбракована і злита з картера при плановій заміні олива підлягає передачі на регенерацію.

Основними напрямками переробки відпрацьованих олив є спільна переробка у суміші з нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів олив (регенерація). Схему порівняльного аналізу технологій утилізації відпрацьованих олив наведено нижче (рис. 11.4) [1, 2, 5].

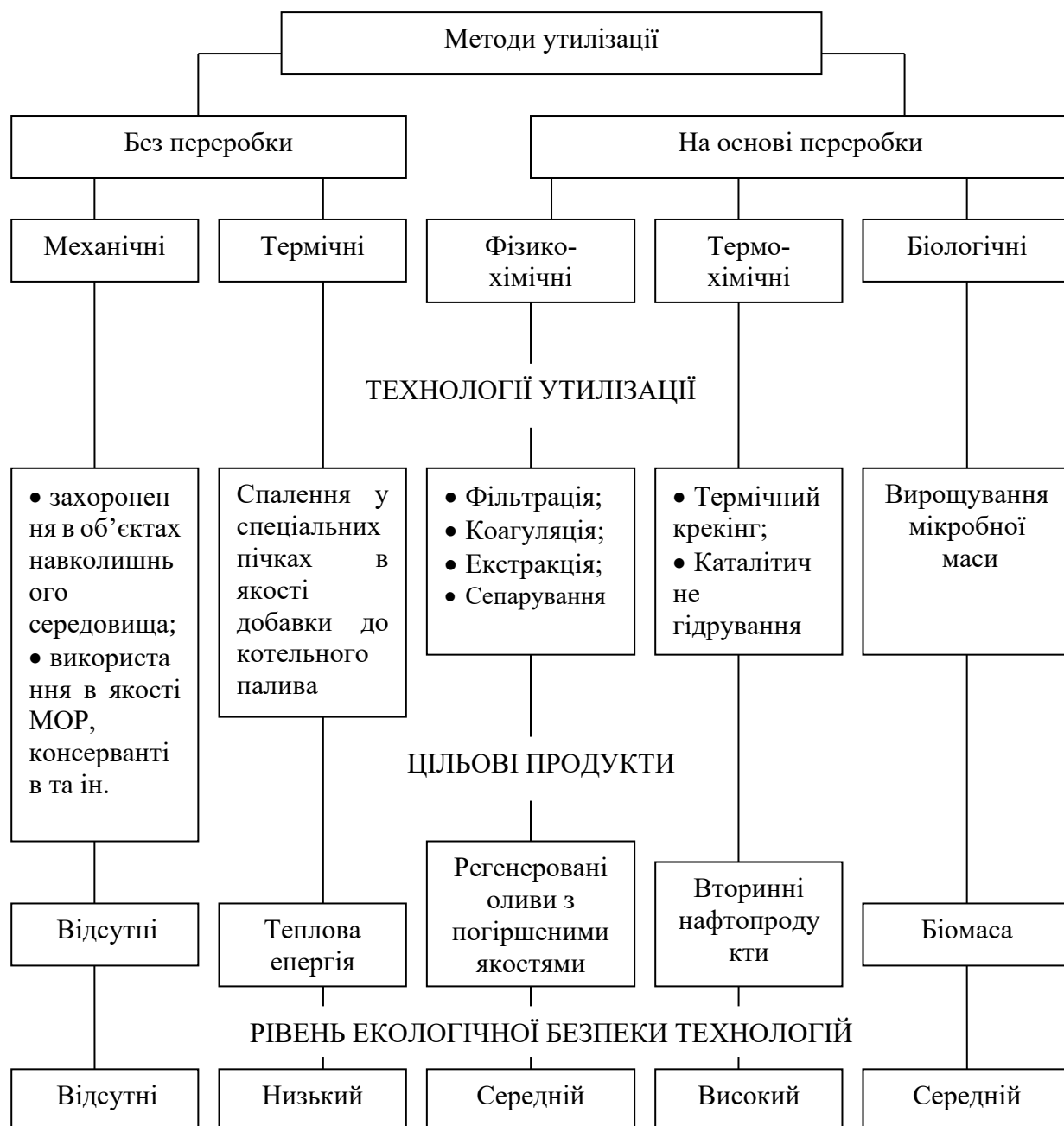


Рисунок 11.4 – Методи утилізації відпрацьованих олив

Спільну переробку відпрацьованих олив у суміші з нафтою можна проводити на нафтопереробних заводах по повній технологічній схемі, кількість олив, що додаються при цьому, не повинно перевищувати 1 % від об'єму сирової нафти. Але наявність забруднень та присадок у відпрацьованих оливах негативно впливає на роботу електрознесолюючих пристроїв, погіршує процес розділення нафти, підвищує вміст нафтопродуктів у стічних водах. Основним методом на сьогодні вважається регенерація відпрацьованих олив; цей спосіб є економічно рентабельним, тому що при правильній організації процесу вартість відновленої оливи на 40...70 % нижча за ціну свіжих олив при практично однаковій їхній якості. За деякими оцінками для виробництва 1 л нової високоякісної мастильної оливи необхідно 67,2 л сирової нафти і лише 1,6 л відпрацьованої оливи.

Регенерація олив здійснюється або безперервним їх очищенням під час роботи у циркуляційних системах промислового обладнання та двигунів за допомогою фільтраційних пристроїв та центрифуг, або відновленням відпрацьованих олив, що зливаються із різноманітних агрегатів та обладнання, на оливорегенераційних приладах, як правило, у стаціонарних умовах (спеціальні оливорегенераційні станції, цехи, заводи).

Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані (рис. 11.5).

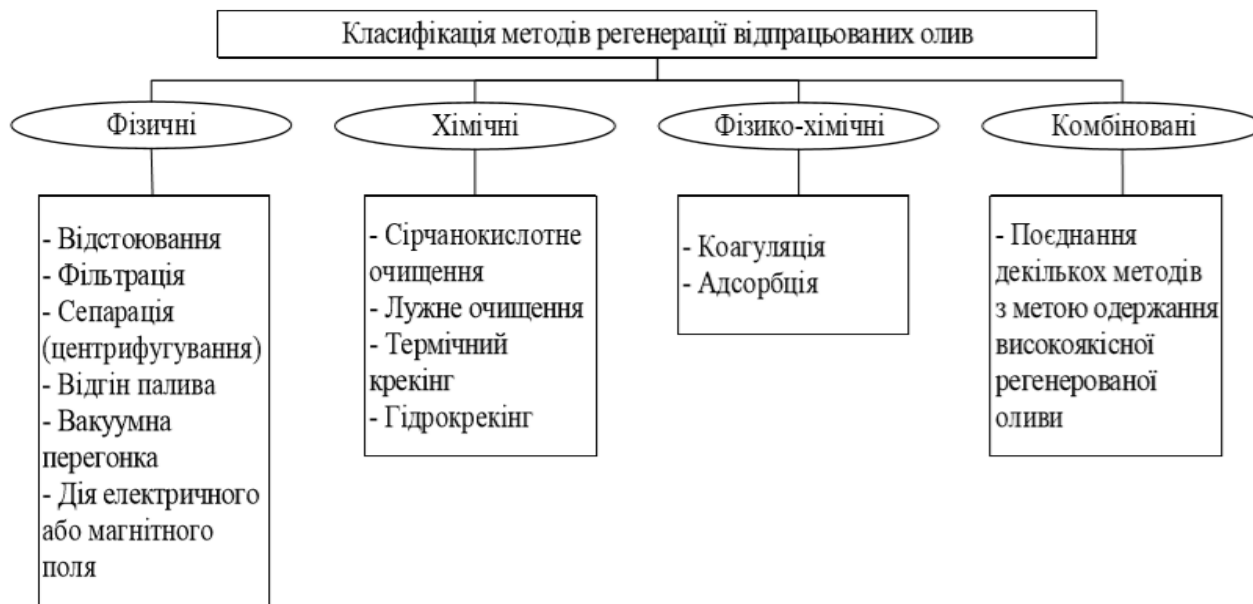


Рисунок 11.5 – Методи регенерації відпрацьованих олив

На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих олив. Конкретний метод очищення відпрацьованих олив вибирається виходячи з характеру забруднення, загального складу оливи і необхідного ступеня очищення.

До фізичних відносять такі методи, при використанні яких видаляють лише механічні домішки, тобто пил, пісок, частинки металу, воду, смолянисті, асфальтоподібні, коксоподібні і вуглисті речовини, а також пальне, не зачіпаючи при цьому хімічної основи олив, що очищуються. До них належать відстоювання, фільтрація, сепарація (центрифугування), промивка водою; також при необхідності проводиться відгін легких паливних фракцій.

До фізико-хімічних методів відносять коагуляцію та адсорбцію. Під час коагуляції злипаються та збільшуються часточки колоїдної системи з утворенням дірчастих агрегатів, тим самим пришвидшується процес осадження забруднюючих речовин. Адсорбенти діють таким чином, що поглинають та утримують на своїй поверхні значну кількість асфальто-смолистих речовин, кислотних сполук, ефірів та інших продуктів старіння.

До хімічних методів найчастіше відносять сірчаноокислотний і лужний методи. Сірчаноокислотне очищення – найстаріший і до цих пір найбільш розповсюджений на ряді підприємств нафтової промисловості метод видалення з

оливних дистилатів асфальтосмолянистих речовин, кисневмісних і сірковмісних сполук та інших небажаних домішок. Для проведення очищення в оливу поступово при постійному перемішуванні додають 4...16 % (по масі) сірчаної кислоти, після чого суміш відстоюють.

Лужне очищення може бути завершальним етапом після сірчано-кислотного очищення, первинним етапом лужноземельного очищення, а також самостійним процесом при регенерації відпрацьованих олив. Для лужного очищення зазвичай застосовують каустичну соду ( $\text{NaOH}$ ), кальциновану соду ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), тринатрійфосфат ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), аміноспирти.

Більш ефективним методом хімічного очищення вважається використання різних селективних розчинників та їх сумішей (фенолу, пропану, суміші фенолу з пропаном), що використовують для очистки залишкових олив, які відносились до незворотньо втрачених. Іноді таке селективне очищення поєднують з сірчано-кислотним.

З вище сказаного стає очевидним той факт, що основні методи регенерації відпрацьованих олив не можуть бути застосовані окремо. На практиці часто треба застосовувати різні комбінації способів, щоб забезпечити найкращий ефект очищення та отримати високоякісний продукт. При виборі комбінації методів регенерації необхідно враховувати всі характеристики продуктів старіння відпрацьованих олив, а також вимоги, що пред'являються до ре-генерованих олив, і кількість зібраних олив. Необхідно чітко уявляти екологічні наслідки тих або інших способів регенерації і вибирати найбільш прийнятні в даних умовах методи. Володіючи цими даними, можна визначити, які фізико-хімічні властивості оливи вимагають виправлення та обрати від-повідний спосіб його відновлення.

Наведемо кілька основних схем, що застосовують для регенерації олив різних сортів:

- відстоювання, зневоднення та фільтрація;
- відстоювання, обробка ПАР, відгін пального, обробка адсорбентом та фільтрація;
- відстоювання, обробка ПАР, адсорбентом, відгін пального та фільтрація;
- відстоювання, обробка кислотою, лугом, відгін пального, обробка адсорбентом та фільтрація.

Обов'язковою стадією для кожного методу регенерації, як вже було зазначено вище, є попереднє відстоювання; подальші складові схеми залежать від конкретного типу оливи, ступеня її забруднення, видів забруднюючих речовин, вимог до ступеню очищення оливи, умов регенерації на конкретному підприємстві. Для кожної схеми характерним є свій тип отриманого продукту очистки та побічних продуктів [6, 7, 11].

За висновками міжурядової групи експертів, існуючі європейські схеми по переробці відпрацьованих олив виробляють оливи як основи, а також деякі побічні продукти та відходи. Легкі фракції останніх можна використовувати як паливо, а більш важкі з добавками вуглевмісних сполук – як компоненти при

виробництві дорожніх покриттів. На сьогодні такі підприємства працюють за п'ятьма основними технологіями (рис. 11.6...11.10).

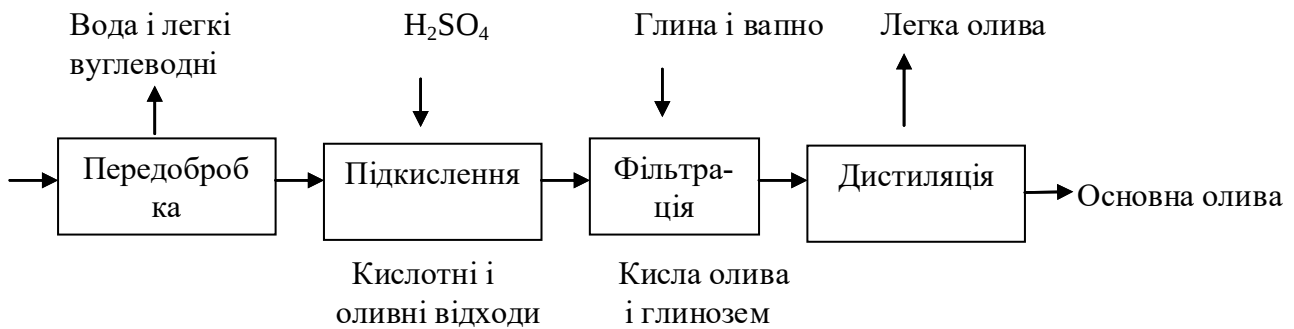


Рисунок 11.6 – Вакуумна дистиляція та обробка глиноземом

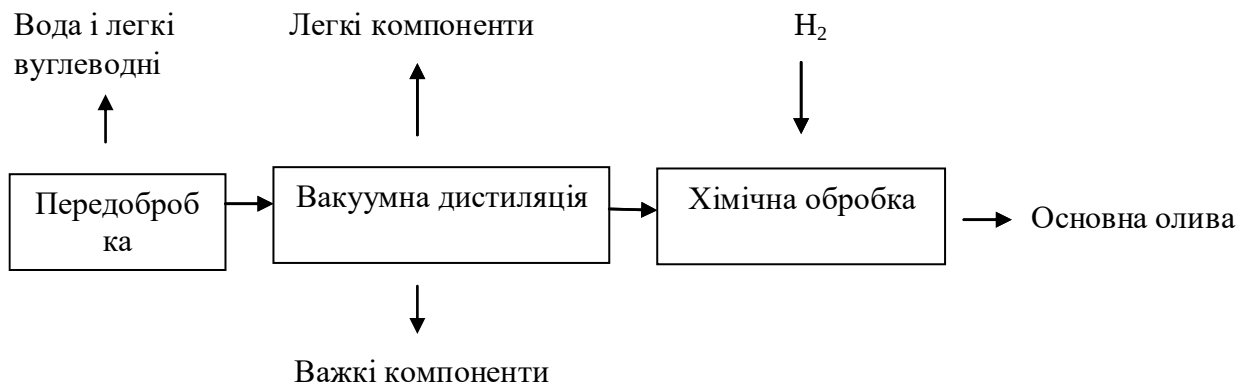


Рисунок 11.7 – Вакуумна дистиляція та хімічна обробка

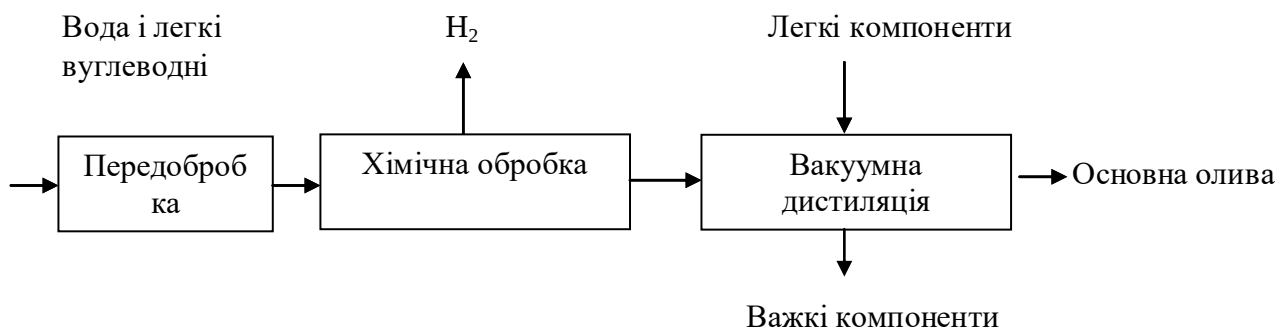


Рисунок 11.8 – Передобробка воднем та вакуумна дистиляція

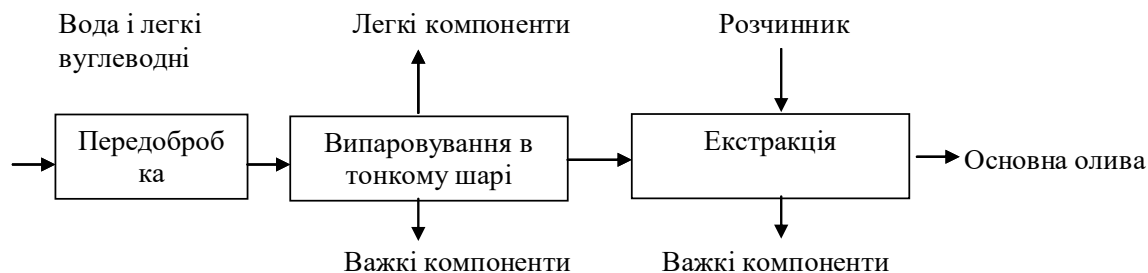


Рисунок 11.9 – Випаровування в тонкому шарі та екстракція

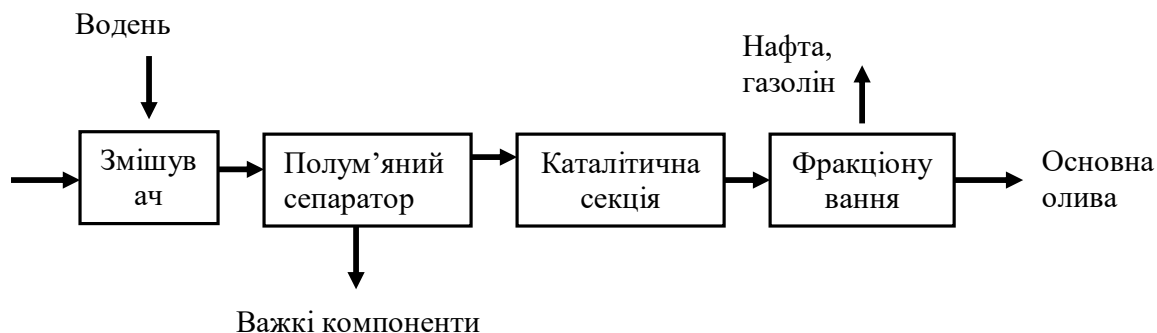


Рисунок 11.10 – Пряме контактне гідрування (UOP-DCH процес)

Схема поводження з відпрацьованими оливами залізниць, що була запропонована в результаті кафедральних досліджень, наведена на рис. 11.11.

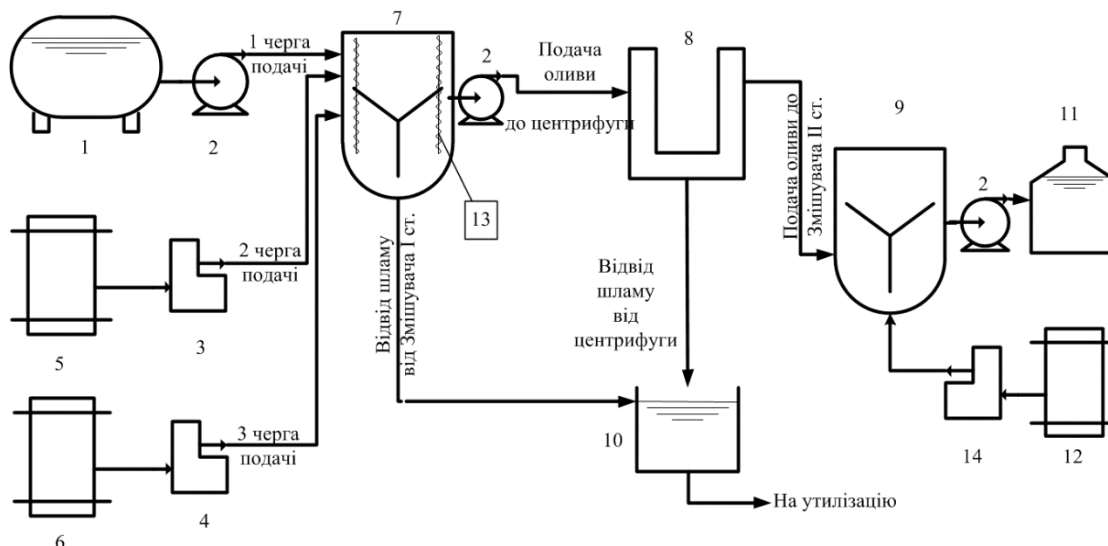


Рисунок 11.11 – Схема поводження з відпрацьованими оливами залізниць

1 – усереднювач; 2 – насос; 3 – насос-дозатор АБСК; 4 – насос дозатор не-онолу; 5 – тара для зберігання АБСК; 6 – тара для зберігання неонулу; 7 – змішувач першої ступені; 8 – центрифуга; 9 - змішувач другої ступені; 10 – тара для збору шламу; 11 - резервуар для зберігання відновленої оливи; 12 – тара для зберігання присадки; 13 – нагрівальний елемент; 14 – насос-дозатор присадки

В основі запропонованої схеми лежить використання поверхнево-активних речовин для очистки відпрацьованих олив з подальшим поверненням їх у технологічний процес на залізничних підприємств.

### **Контрольні питання до розділу 11**

1. Назвіть основні види забруднювачів моторних олив.
2. Опишіть вплив нафтовміщуючих відходів на довкілля і людину.
3. Назвіть основні методи утилізації відпрацьованих олив.
4. Назвіть основні методи регенерації відпрацьованих олив.
5. Наведіть приклад схеми регенерації олив.

# РОЗДІЛ 12 УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ, КАРТОНУ ТА ПАПЕРУ

## 1 Утилізація відходів деревини

Відходи деревини утворюються на всіх стадіях її обробки - від вирубування лісу (віти, тріска) до одержання столярних виробів з неї (ошурки, тріска, стружка) (рис. 12.1).



Рисунок 12.1 – Відходи деревини [60]

Деревні відходи можна класифікувати:

- за асортиментом вихідної сировини (відходи пиломатеріалів, фанери й деревноволокнистих плит);
- за породами деревини (відходи хвойних порід, відходи листяних порід);
- за вологістю (сухі - до 15 %, напівсухі - 16...30 %, вологі - 31% і вище, понадвологі - 100 % і вище);
- за структурою (кускові великі, кускові середні, кускові дрібні, сипучі);
- за стадійністю обробки (відходи первинні, відходи вторинні).

Кількість відходів деревообробних виробництв у великій мірі залежить від якості сировини, яка поставляється, типу й розміру виготовленої продукції, технологічній озброєності підприємства і його потужності.

Кількість відходів, які утворюється, наприклад, на меблевих фабриках, становить від 45 % до 63 % по відношенню до вихідної сировини (пиломатеріалів, фанери) [24].

Одним з основних методів переробки й утилізації деревних відходів є одержання штучної деревини - міцного матеріалу, що може оброблятися різанням або відливатися у форми й штампуватися. Його об'ємна маса в залежності від методу одержання перебуває в межах 0,4...1,4 кг/м<sup>3</sup> (рис. 12.2).

По способу одержання штучна деревина може бути об'єднана в наступні групи:

- деревино-цементні маси,
- деревино-шаровані пластики,

- деревино-волокнисті плити,
- п'єзометрично оброблена деревина.



ДСП



ДВП

Рисунок 12.2 – Штучна деревина [61]

### 1.1 Деревино-цементні маси

При їхньому виробництві деревне борошно (роздрібнена до структури борошна деревина), ошурки, стружки й т. ін. зв'язуються за допомогою будь-яких цементуючих або поєднуючих речовин.

Так, суміш магнезійного цементу з ошурками, дрібною стружкою, азбестом та іншими компонентами дає ксилоліт, суміш деревної вати (продукт, який виробляється із хвої), багаття великих волокнистих рослин і т. ін. з магнезійним цементом дає фіброліт. Деревино-цементні маси виготовляються у вигляді плит і використовуються, головним чином, у будівельній справі.

Деревино-стружкові плити (ДСП) – деревні матеріали, виготовлені гарячим пресуванням деревних частинок (деревної стружки) зі зв'язувальною речовиною (наприклад, сечовино- та фенолоформальдегідними смолами).

По способу пресування розрізняють ДСП плоского пресування й екструзійного, тобто одержані видавлюванням. ДСП випускають необлицьованими й облицьованими шпоном, синтетичною плівкою. ДСП широко застосовують у меблевій промисловості, будівництві та інших областях [14, 16].

### 1.2 Деревино-шаровані пластики

Деревино-шаровані пластики – матеріал, який одержують гарячим пресуванням з деревного шпону, просоченого синтетичними термореактивними смолами.

При об'ємній масі  $1200 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$  деревино-шаровані пластики мають високу міцність на згин [ $150 \dots 300 \text{ МПа}$  ( $1500 \dots 3000 \text{ кг/см}^2$ )], твердість й хімічну стійкість, легко піддаються механічній обробці. З них виготовляють підшипники, зубчасті колеса, електроізоляційні прокладки й т. ін. У будівництві застосовують у якості конструкційного й оздоблювального матеріалу (рис. 12.3).



Рисунок 12.3 – Деревинні пластики [62]

### 1.3 Деревино-волокнисті плити (ДВП)

Деревину (ошурки, тріску і т.п.) подрібнюють механічним, термомеханічним або хіміко-механічним шляхом до тонкого волокна.

Існують два способи виробництва ДВП: мокрий – без домішок зв'язувальної речовини та сухий – з додаванням 4–8 % синтетичної смоли.

Для підвищення механічної міцності, а також стійкості проти вологи, вогню, дії комах і мікроорганізмів до складу плит вводять смоли, антисептики та інші речовини. Після відливання плити сушать.

Розрізняють п'ять основних груп ДВП:

- ізоляційні;
- ізоляційно-оздоблювальні;
- напівтверді, тверді;
- надтверді.

Габарити плит в мм: довжина 1200...3600, ширина 1000...1800, товщина 3...8. ДВП застосовують у будівництві для теплоізоляції покрівлі, стін, перекриттів, для обробки приміщень, у меблевій промисловості й т.д.

Порівняльна характеристика ДВП та ДСП наведена в табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Порівняльна характеристика ДВП та ДСП

| Характеристика               | ДСП      | ДВП       |                   |                 |             |                |
|------------------------------|----------|-----------|-------------------|-----------------|-------------|----------------|
|                              |          | М'які     | Серед.<br>Щіль-ті | Напів-<br>верді | Тве-<br>рді | Надтве-<br>рді |
| Товщина, мм                  | 10-28    | 8-25      | 8-25              | 6-12            | 2,5-6       | 2,5-6          |
| Щільність, кг/м <sup>3</sup> | 550-820  | 200-350   | до 850            | 860-900         | 950         | 960-1200       |
| Міцність на згиб, МПа        | 10-25    | 2         |                   | від 15          |             | 47             |
| Водопоглинання, %            | 22-33    |           |                   | до 40           | до 20       | 12             |
| Теплопровідність, Вт/(мК)    | 0,1-0,13 | 0,04-0,07 | 0,09-0,1          | 0,1             | 0,18        | 0,24           |

## 1.4 Маса, які одержують п'єзометричною обробкою деревини (ошурок, тріски, деревного борошна та ін.)

Деревину піддають водному гідролізу, після чого пресують у прес-формах під тиском 50...80 МПа (500...800 кгс/см<sup>2</sup>) при температурі 200...250°C.

З подібних матеріалів найбільш відома «барк-слайт» – тверда маса чорних кольорів із блискучою поверхнею. випускається у вигляді пресованих виробів (шківи, ручки, панелі, гальмові колодки та ін.) (рис. 12.4).



Рисунок 12.4 – Тарний картон [63]

Для переробки кускових відходів лісопиляння й деревообробки в технологічну й паливну тріску випускаються спеціальні рубильні машини й сортувальні сита.

Технологічну тріску, крім виготовлення деревино-волокнистих і деревино-стружкових плит, використовують як сировину при виробництві сульфітної й сульфатної целюлози, напівфабрикату тарного картону, гідролізного спирту й кормових дріжджів [14, 16].

## 1.5 Брикетування

Брикетування деревних відходів поліпшує їхню теплоту згорання. Брикети застосовують як заводське паливо, а також для забезпечення населення твердим паливом (рис. 12.5).

Теплота згорання хвойної деревини вологістю 37 % при брикетуванні становить 10000 кДж/кг, вологістю 20...22 % - 13800 кДж/кг, ошурок і стружки при 15 % вологості - 15000 кДж/кг, ошурок при 12% вологості - 15500 кДж/кг.

Відходи деревини можуть використовуватися безпосередньо без попередньої обробки. Так, соснова стружка є гарним фільтруючим матеріалом і застосовується для доочищення промислових нафтовмісних стічних вод у касетних фільтрах відстійників. Сорбційна здатність стружки по нафтопродуктах становить 0,1 г на 1 г власної маси.



Рисунок 12.5 – Брикетовані деревні відходи [64]

Завантаження касетних фільтрів може бути як цілком зі стружки, так і комбіноване: стружка - сипрон, стружка - керамзит та ін.

### **1.6 Інші способи утилізації**

Розроблена технологія одержання з відходів деревини цукромістких кормів для тваринництва. Основою установки є дефібратор, наявний на всіх підприємствах з виробництва деревино-волокнистих плит.

Відомо, що запарені ошурки робляться більш солодкими, але їх перетравлюваність тваринами низька.

Проведенням часткового гідролізу з додаванням кислоти одержують деревину, що утримує цукор, і яка добре перетравлюється тваринами. Отриманий продукт називається кормовою цукроутримуючою деревиною (ЦУД). У досліджуваних групах тварини, яких підгодовували ЦУД, спостерігався приріст ваги на 15 кг більше, ніж у контрольній.

## **2 Утилізація відходів картону й паперу**

Основними видами картонно-паперової продукції є пакувальні матеріали, папір промислового призначення, поліграфічний, санітарний та гігієнічний папір, а також тарний картон.

Зараз в Україні і закордоном приділяється велика увага повторному використанню паперу й картону. З 1 т макулатури можна одержати 0,7 т паперу або картону, замінити нею 0,85 т целюлози й заощадити 4,4 м<sup>3</sup> деревини (рис. 12.6).



Рисунок 12.6 – Продукти, отримані з відходів картону та паперу

Папір - матеріал із масою 1 м<sup>2</sup> до 250 г, що складається переважно з рослинних волокон, зв'язаних між собою силами поверхневого зчеплення, до складу якого можуть додатково входити хімічні волокна, проклеювальні речовини, мінеральні наповнювачі, пігменти та барвники

Під терміном «макулатура» розуміють відходи виробництва, переробки і споживання усіх видів паперу і картону, придатних для застосування в якості волокнистої сировини.

Термін «макулатура» походить від латинського слова *masulo* - «бруд».

Під нею розуміють відходи, що виходять при переробці паперу і картону, різні види використаного паперу і паперових виробів.

Кілька десятиліть тому, коли обсяги виробництва картону та паперу були значно нижчими і перед людством ще не стояли проблеми екологічного та енергетичної криз, термін «макулатура» асоціювався з малоцінними відходами.

Вважалося, що ресурси деревної сировини невичерпні, оскільки постійно відтворюються природою.

Широке застосування макулатури зумовлено насамперед її дешевизною порівняно зі свіжими напівфабрикатами з деревини, а також значно меншими капіталовкладеннями при будівництві та економією поточних витрат при експлуатації підприємств по виробництву паперу. Це знижує собівартість і підвищує конкурентоспроможність продукції.

Більшість розвинених країн світу, у яких відсутні лісові ресурси, почали різко підвищувати частку макулатури у складі композицій для виробництва картону і паперу. Роль макулатури зростала і під тиском захисників навколишнього середовища.

Використання макулатури характеризується значною економічною ефективністю та забезпечує збереження лісових ресурсів. Як відомо, використання 54 кілограм макулатури з газетного паперу дозволяє зберегти від вирубування одне дерево.

Збільшення використання макулатурної маси в композиції для виготовлення паперу і виникнення великого стратегічно важливого макулатурного бізнесу відкрили для паперової промисловості широке джерело сировинних матеріалів. Вторинну сировину використовують майже всі виробники паперу та картону, що мають технологічні лінії для переробки власного браку.

В Німеччині 70 % газетного паперу виробляється з добавкою до 60 % знебарвленої макулатурної маси, в Швейцарії – 50 %, в Японії – 55 %.

Структура використання макулатури для виробництва різних видів продукції наведена на рис. 12.7.

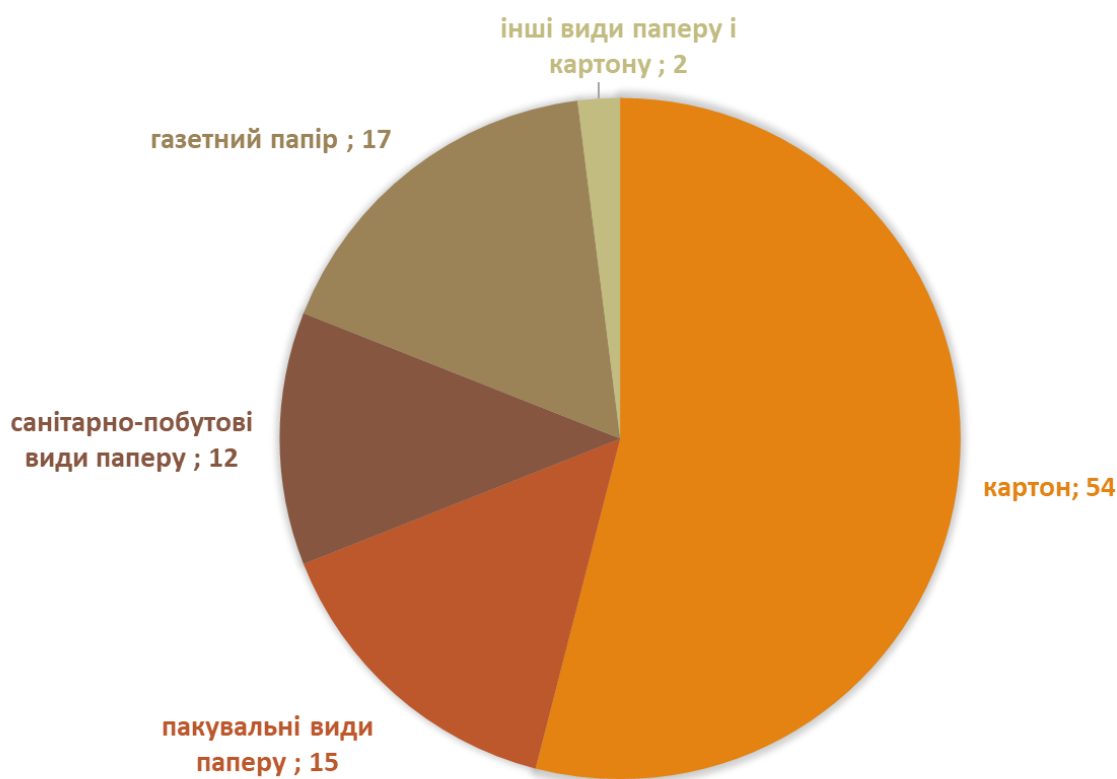


Рисунок 12.7 – Структура використання макулатури для виробництва різних видів продукції

Основні переваги, які стимулюють зростання використання макулатурної сировини, полягають в наступному:

1.Заміна 1 тонни первинного целюлозного волокна макулатурою дає економію 3...4 м<sup>3</sup> деревини.

2.Середня ціна 1 т макулатури в 2...4 рази нижча за 1 т целюлози, яка виробляється з деревини. Підвищується незалежність виробників паперу і картону від підприємств-монополістів, що випускають целюлозу.

3.Капітальні витрати на створення підприємств, що використовують макулатуру, значно нижчі, ніж витрати на створення підприємств, що виробляють целюлозну сировину.

4.Підприємства, що використовують в якості сировини макулатуру, розташовані в промислово розвинених районах, де утворюються основні ресурси макулатури, є розвинена інфраструктура, кваліфіковані кадри і знаходиться основна маса споживачів картонно-паперової продукції. Тим самим знижуються транспортні витрати на транспортування сировини та продукції.

5.Використання макулатури, відібраної з твердих побутових відходів, забезпечує зменшення обсягів міських звалищ, які містять до 25 % (по масі) паперу і картону і до 60 % обсягу відходів комерційного сектору.

6.Відсутність необхідності застосування на підприємствах, що переробляють макулатуру, варильного і розмельного устаткування для деревини дозволяє отримати економію води, теплової енергії, електроенергії, хімікатів.

Оцінюючи переваги, одержувані від використання макулатури, слід враховувати ряд недоліків і проблем, що супроводжують цей процес:

1.Макулатурне волокно, на відміну від целюлози з деревини, характеризується зниженими папероутворюючими властивостями та наявністю різноманітних забруднень, що призводить до погіршення якості продукції, а також до ускладнень в роботі устаткування.

2.Відбувається поступове погіршення якості макулатурного сировини, пов'язане з її багаторазовим використанням.

3.Переробка макулатури супроводжується утворенням значної кількості виробничих стоків від установок флотаційного облагородження макулатури з підвищеним вмістом мочевиноформальдегідних смол та поверхнево-активних речовин.

4.При виробництві продукції на поверхню паперу і картону наносять різні водовідштовхувальні покриття, здійснюється просочення продукції (наприклад, парафінування). Окремі види продукції покривають ламінованим плівками чи фольгою. Дані речовини та сполуки ускладнюють процеси переробки макулатури і вимагають додаткових витрат.

Макулатура, яка придатна для повторного використання, складається з різних видів відходів продукції паперового і картонного виробництва. Найбільш цінна вторинна сировина - відходи друкованого виробництва. Майже 100 % цих відходів придатні для повторного використання, в той час як понад 15 % побутової макулатури не придатні для цих цілей.

З сортової макулатури виробляють газетний, друковано-писальний, санітарно-гігієнічний, пакувальний папір, картон.

Переробка макулатури на білий папір для письма вимагає великих витрат, що пов'язано з необхідністю знебарвлення друкарських фарб, видалення проклеюючих речовин і наповнювачів.

Несортована макулатура традиційно використовується у виробництві низькосортного паперу і картону, призначеного для отримання пакувальних і

будівельних матеріалів. Групи макулатури згідно ДСТУ 3500-97 «Макулатура паперова і картонна» наведені на рис. 12.8.

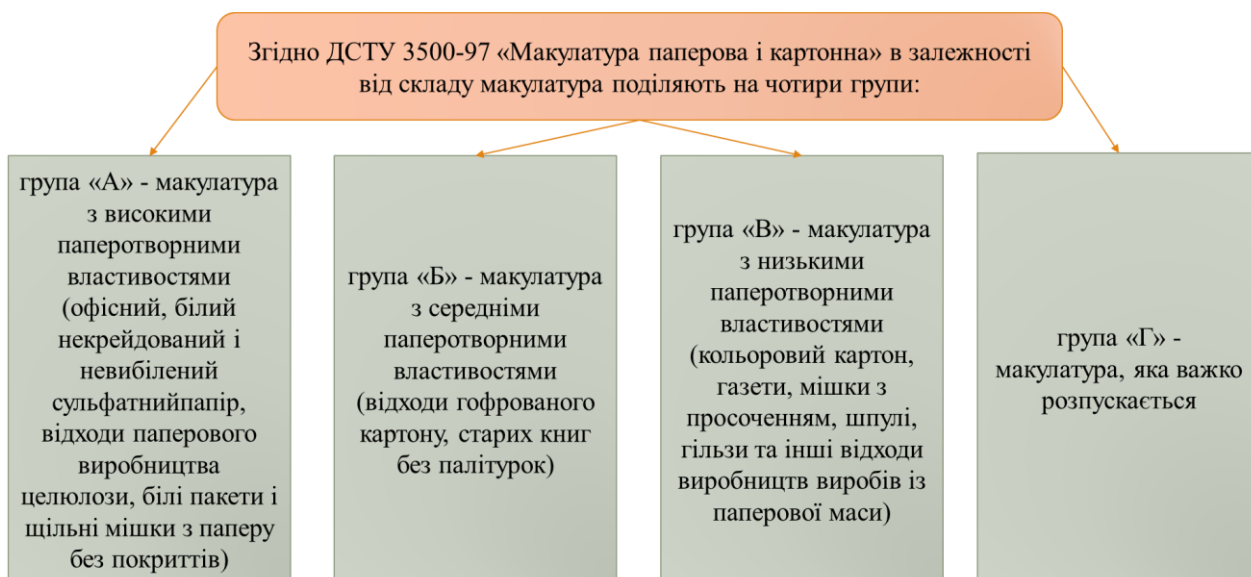


Рисунок 12.8 – Групи макулатури згідно ДСТУ 3500-97

Макулатура даних груп залежно від складу, джерел надходження, кольору і здатності до розпуску поділяється на 22 марки.

Збір і транспортування макулатури здійснюють і організовують спеціалізовані пункти. Зібрану макулатуру перед транспортуванням на переробні підприємства на заготівельних пунктах піддають попередньому пресуванню у кіпи. В результаті пресування залежно від виду відходів їх об'єм може зменшуватись до 10 раз. В окремих випадках допускається затарювання макулатури в паперові мішки або картонні коробки.

На кожен кіпу повинне бути нанесене інформаційне маркування.

Зберігання макулатури на складах або обладнаних майданчиках повинно забезпечувати її захист від впливу атмосферних опадів і ґрунтової вологи. Макулатура транспортується в критих транспортних засобах.

Макулатурна сировина складається з розмелених волокон. Чим вища була початкова ступінь розмелювання, тим значніше зниження якості продукції, одержуваної з макулатурної маси [14, 16].

Процес переробки макулатури – це сукупність технологічних операцій для надання вторинним волокнам певних папероутворюючих властивостей при максимальному видаленні забруднень і домішок.

Основною метою переробки макулатури є отримання волокнистої маси, яка придатна для використання в композиції паперу і картону, максимально заміщаючи первинні волокнисті напівфабрикати (целюлозу або механічну деревну масу), а також максимальне видалення з неї забруднень.

До основних технологічних операцій, які виконуються на лінії по переробці макулатури є:

- разволокнення макулатури;
- груба очистка і сортування;

- додаткове разволокнення (дороспуск) макулатури;
- тонке очищення і сортування;
- згущення і фракціонування;
- термодиспергування і / або розмелювання;
- акумулювання;
- видалення фарби методом флотації і / або промиванням;
- відбілювання.

Перш за все макулатуру піддають сортуванню – поділяють на картон, папір, газети.

Подальший процес переробки макулатури складається з чотирьох стадій:

1-а стадія - разволокнення (розпуск) макулатури, груба очистка, сортування і додаткове разволокнення макулатурної маси. Дана стадія дозволяє певною мірою відновити папероутворюючі властивості волокон макулатури і отримати волокнистий напівфабрикат, який може бути використаний в композиції гладких шарів картону (без можливості нанесення друку) і паперу для гофрування (рис. 12.9).



Рисунок 12.9 – Турбосепаратор для разволокнення макулатурної маси

2-а стадія - тонке очищення і сортування отриманої на першій стадії макулатурної маси, її додаткове розмелювання і/або диспергування. В результаті такої обробки у волокон макулатурної маси відновлюються папероутворюючі властивості, що дозволяє використовувати її при виробництві гладких шарів картону. При використанні у якості сировини макулатури високої якості, з'являється можливість після двох перших стадій переробки отримати напівфабрикат, який є придатним для виготовлення зошитового, шпалерного, санітарно-гігієнічного та інших видів паперів. Попереднє подрібнення макулатури проводиться на

роторних або дискових млинах. Паперова маса додатково розпускається в гідророзбивачах.

3-я стадія обробки маси включає видалення з неї друкарської фарби шляхом промивання, флотації та обробки хімічними реагентами.

4-а стадія включає процеси відбілювання або знебарвлення з допомогою вибілюючих речовин.

Після проведення 3-ї і 4-ї стадій переробки помітно покращуються папероутворюючі властивості макулатурної маси – поряд з підвищенням білизни певною мірою збільшуються показники механічної міцності (рис. 12.10).



Рисунок 12.10 – Гідроциклони для очищення макулатури – зовнішній вигляд установки

Здійснення 4-ї стадії обробки є досить складним і вартісним процесом, що обумовлено наступними факторами:

- високою вартістю обладнання та хімічних реагентів, що використовуються;
- досить складною технологією;
- необхідністю створення інфраструктури для зберігання, підготовки і дозування реагентів;
- значним підвищенням забрудненості виробничої води і, отже, витрат на її очищення.

## 2.1 Вибілювання макулатури

При вибілюванні макулатурної маси вирішуються два завдання. Одне з них – компенсація зниження білизни волокнистого напівфабрикату, внаслідок природного старіння. Другим завданням є знебарвлення волокон макулатурної маси, отриманої з кольорової макулатури.

Процес хімічного облагородження макулатурної маси шляхом вилучення з неї частинок друкарської фарби складається з наступних етапів:

- попередньої підготовки волокнистої маси, що полягає у відділенні частинок друкарської фарби та переведення їх в суспензію;
- віддалення частинок фарби з суспензії промиванням або флотацією з метою отримання чистого волокна.

Найбільш істотний вплив на процес відділення частинок фарби від волокон і видалення їх з волокнистої суспензії створює склад фарби.

Основним принципом процесу флотації є введення в попередньо підготовлену волокнисту суспензію бульбашок повітря, до яких приєднуються частинки фарби. Піна, що утворюється в результаті аерації волокнистої суспензії бульбашками повітря, піднімається у верхню частину флотаційної камери, звідки спеціальними пристосуваннями видаляється з установки.

Для відбілювання макулатурної маси використовуються хімічні реагенти:

- пероксид водню;
- дитионіт натрію;
- гіпохлорит натрію;
- діоксид хлору;
- кисень;
- озон.

Серед відбілюючих реагентів найбільше застосування має пероксид водню.

## 2.2 Формування паперового полотна

Однорідна відбілена волокниста макулатурна маса рівномірним шаром розливається по поверхні дрібнопористого фільтруючого сита папероробної машини (рис. 12.11).



Рисунок 12.11 – Папероробна машина [66]

За рахунок стікання через сито надлишки води з маси видаляється, що забезпечує підвищення концентрації волокон, які починають зв'язуватися між собою. Попередньо сформована волоконна маса подається на рухомий сітковий стіл папероробної машини. Паперова маса рівномірно розподіляється по ширині стола, проходить між вирівнюючими вальцями, де відбувається віджимання і попереднє калібрування.

В результаті паперова маса набуває потрібної товщини і вирівнюється по всій площі майбутнього листа. Утворений лист з вологої паперової маси втягується у провіт між нагрітими поверхнями барабана, де він остаточно підсушується, злипається в однорідну масу і перетворюється безпосередньо у паперове полотно.

## **2.3 Виробництво паперу**

Виробництво паперу безперервний процес. За 8 годин виробляється близько 120 км. Утворений папір намотується на бухту діаметром 2...3 м, вагою 9...10 т.

З бухтою таких розмірів незручно працювати і переміщати, тому проводяться заключні операції перенамотки в менші бабіни і нарізки паперу. Отримана на папероробній машині бухта переставляється на бабінорозмотувальний верстат, де вона перемотується в рулони меншого діаметру (рис. 12.12).



Рисунок 12.12 – Бабінорозмотувальний верстат [67]

Перемотування на бабінорозмотувальному верстаті дозволяє отримувати більш щільне намотування паперу в рулоні. При необхідності отриманий рулон розпилюють на рулончики на верстаті для нарізки рулончиків.

## **Контрольні питання до розділу 12**

1. Наведіть класифікацію деревних відходів.
2. Назвіть основний метод переробки і утилізації деревних відходів.
3. Які групи штучної деревини можна отримати при переробці деревних відходів?
4. Що таке макулатура? Що є основною метою її переробки?
5. З яких стадій складається процес переробки макулатури?

## **РОЗДІЛ 13 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ПРОБЛЕМА ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ**

Управління відходами – складова частина загальної системи управління. Структура, відповідальність, практичні методи, процедури і процеси повинні координуватися з роботами в інших областях, наприклад, у виробничій і економічній діяльності, в області охорони здоров'я населення та ін. Сама по собі ця структура існувати не зможе, тому вона повинна бути включена в систему екологічного управління (екологічного менеджменту) [9, 13-17].

У зв'язку з цим можна виділити наступні етапи розвитку системи управління відходами в другій половині ХХ ст.:

- розміщення відходів на дрібних звалищах (наприклад, в Голландії в 70-х роках їх налічувалося близько 400);
- кінець 70-х років: будівництво полігонів – інженерних споруд з системами очищення фільтрату стічних вод і утилізацією біогазу;
- 80-ті роки – розвиток системи роздільного збору ТПВ, розвиток ринку вторинної сировини;
- 90-ті роки – переробка ТПВ з виділенням органічної складової і подальшим її компостуванням;
- сучасна схема переробки ТПВ: сортування відходів (з метою відбору вторинної сировини), відділення органічної частини (з метою компостування) і твердих фракцій (підлягають спалюванню або похованню).

У Європі основні директиви в сфері управління відходами встановлюють цілі, які мають країни досягнути в сфері управління відходами, і надають країнам можливість самим визначити, якими економічними інструментами цих цілей досягати. Так, визначені в ЄС цілі по переробці вторсировини, цілі по зменшенню захоронення відходів, цілі по збору органічних відходів, того. Уряди країн-членів ЄС визначили ряд економічних механізмів, за допомогою яких будуть виконувати приписи директив ЄС в сфері управління відходами, і які впливають на тарифікацію поводження з відходами на рівні міста та селищ. До найбільш поширених механізмів відносять:

1. Податок (плата) на захоронення відходів на полігоні;
2. Податок (плата) на спалювання сміття;
3. Схеми «плати за те, що викидаєш»;
4. Схеми РВВ для певних видів відходів (упакування, батарейки, електричні та електронні відходи).

Тарифікація захоронення сміття на полігоні має 2 види: податок за захоронення сміття (його встановлює місцевий органі влади) та плата, яку встановив оператор полігону за захоронення на ньому сміття. 19 країн ЄС такий податок встановили. Часто в країнах є встановлені і податок на захоронення, і плата за

захоронення сміття, які становлять мінімум 17 Євро за тону до 155 Євро за тону захоронення сміття.

Прослідковується тенденція в залежності від оплати за захоронення сміття на полігонах: чим вищі тарифи на захоронення і податки на захоронення, тим менше ТПВ попадає на полігон, і відповідно більше компостується та переробляється.

Податок (плата) за спалювання сміття встановлена країнами у вигляді податку за спалювання сміття та плати, яку встановлює оператор установки по спалюванню сміття.

Схема «плати за те, що викидаєш» застосовуються у більше ніж 17 країнах щодо муніципальних відходів. Про застосування таких підходів до тарифування приймає рішення орган місцевого самоврядування, як правило. Хоча є випадки, коли законодавство зобов'язує муніципалітети таку систему застосовувати. В решті країн застосовуються або сталі ставки за вивезення сміття, що базуються на площі приміщення, або застосовуються муніципальні податки.

Лише 3 країни мають схеми «плати за те, що викидаєш» у всіх муніципалітетах (Австрія, Фінляндія, Ірландія), а в інших країнах муніципалітети самі вирішують які підходи до тарифування обрати, і тому не всі муніципалітети обирають систему «плати за те, що викидаєш».

На рівні муніципалітетів виділяються такі види тарифування по системі «плати за те, що викидаєш»: на основі обсягу відходів, на основі частоти вивезення, на основі ваги відходів, на основі оплати мішків для відходів. До прикладу, такі схеми складають чи доповнюють системи «плати за те, що викидаєш» в країнах ЄС:

- фіксований щорічний платіж з домоволодіння (як частина системи «плати за те, що викидаєш») застосовується в деяких муніципалітетах Іспанії (40 євро з домоволодіння);
- плата за купівлю мішка для змішаних відходів (в Іспанії 17л мішок коштує 0,65 євро);
- плата за вивільнення контейнера (на 120 чи 140 л);
- плата за кг змішаних відходів (в Словаччині 0,17 євро і 0,36 євро в Швеції).

Експерти відзначають, що запровадження такої системи призводить до зменшення кількості відходів, що утворюються в домогосподарствах. Так, в Ірландії через рік після запровадження системи «плати за те що викидаєш» кількість сміття, утвореного в домогосподарствах, зменшилася на 49 %.

Україна в даний час знаходиться приблизно на початку переходу від етапу розміщення відходів на дрібних звалищах до будівництва полігонів. Перехід від полігонного поховання всієї маси ТПВ до промислової переробки до 50...60 % її маси є основною тенденцією вирішення проблеми відходів в світовій практиці. Необхідно розуміти, що практичне рішення промислової переробки відходів пов'язано з великими капітальними вкладеннями, тому будівництво об'єктів промислової переробки відходів здійснюється досить повільно.

Для того, щоб реалізувати норми, закладені в Законі «Про охорону навколишнього природного середовища» необхідно було розроблення Закону України «Про відходи», основною метою якого є забезпечення стабілізації, а надалі – скорочення забруднення навколишнього середовища відходами виробництва і споживання, економія природних ресурсів за рахунок максимального повернення вторинних ресурсів в промислове виробництво. Зокрема Закон України «Про відходи» відносить до компетенції Кабінету Міністрів України встановлення порядку формування тарифів на послуги з поводження з побутовими відходами. Наразі реалії тарифування плати за поводження з побутовими відходами в Україні знаходяться в стані очікування змін, зокрема змін в законодавчому регулюванні, які базуються на європейських принципах та підходах до управління відходами.

Загалом управління відходами починається із зміни погляду на побутові відходи.

Традиційні підходи до проблеми відходів орієнтувалися на зменшення небезпечного впливу на навколишнє середовище шляхом ізоляції звалища від ґрунтових вод, очищення викидів сміттєспалювальних заводів та ін.

Основа концепції управління відходами полягає в тому, що відходи складаються з різних компонентів, які повинні не змішуватися між собою, а утилізуватися окремо один від одного найекономічнішими й екологічно прийнятними способами.

Система припускає, що в додаток до традиційних способів невід'ємною частиною утилізації відходів повинні стати заходи щодо скорочення кількості відходів, повторна переробка відходів і компостування. При цьому передбачається, що сприяти ефективному рішенню проблеми відходів може комбінація декількох взаємодоповнюючих програм і заходів, а не одна технологія, хай навіть найсучасніша.

Для кожного конкретного регіону необхідний вибір певної комбінації підходів, які враховують місцевий досвід і місцеві ресурси. План заходів в системі управління відходами ґрунтується на вивченні потоків відходів, що утворюються в різних галузях виробництва (у тому числі й в побуті), оцінці існуючих варіантів і включає здійснення невеликих експериментальних проектів, що дозволяє зібрати інформацію та набути досвід.

В даний час управління відходами регулюється окремими положеннями законів, нормативних документів, ухвал та правил в області охорони навколишнього середовища та поводження з відходами.

З 9 липня 2023 року набув чинності Закон України «Про управління відходами» №2320-ІХ від 20 червня 2022 року. Він наближає нормативно-правове регулювання відносин у сфері управління відходами до вимог відповідних директив ЄС та спрямований на покращення стану навколишнього середовища і створення відповідної інфраструктури об'єктів управління відходами.

Реалізація вимог цього Закону потребуватиме приведення у відповідність існуючих або розробки нових нормативно-правових документів.

Загалом цей Закон наближує національне законодавство України до вимог нормативно-правових актів ЄС у сфері управління відходами, а також встановлює основні вимоги щодо створення та функціонування системи управління відходами в Україні. На його основі розробляються інші необхідні секторальні закони та нормативно-правові акти, які регулюють профільні питання.

Загальні вимоги до управління побутовими відходами в громадах, вказані в Законі, наступні:

- відходи підлягають роздільному збиранню та не повинні змішуватися з іншими відходами або матеріалами, що мають різні властивості.
- роздільне збирання відходів у населених пунктах здійснюється для таких видів відходів, як папір і картон, пластик, скло, метал; створюються умови для забезпечення роздільного збирання біовідходів, текстилю та інших видів відходів, що підлягають роздільному збиранню.
- великогабаритні, ремонтні, небезпечні відходи у складі побутових, відходи зелених насаджень збираються окремо від інших побутових відходів;
- житлові масиви та інші об'єкти благоустрою обладнуються контейнерними майданчиками для роздільного збирання побутових відходів.

Основними інноваційними рішеннями цього закону є:

- впровадження ієрархії управління відходами, пріоритетними напрямками якої є запобігання утворенню відходів, їх повторне використання та відновлення (рециклінг), і лише потім – видалення, у т.ч. захоронення на полігонах, які відповідають вимогам екологічної безпеки;
- планування системи управління відходами на національному, регіональному та місцевому рівнях;
- запровадження системи розширеної відповідальності виробника;
- поступове створення сучасної інфраструктури та об'єктів збирання і оброблення відходів;
- удосконалення процесів управління відходами (у тому числі ліцензійної і дозвільної системи, інформаційного забезпечення в сфері управління відходами).

Ієрархія системи управління відходами включає такі пункти:

- Скорочення відходів «у джерела» (зменшення загальної кількості відходів і зменшення їх токсичності та інших шкідливих властивостей, що досягається шляхом переорієнтації виробників і споживачів на продукти і упаковку, які приводять до меншої кількості відходів).
- Вторинна переробка (включає компостування) - «рециклінг» - дозволяє якнайповніше використовувати сировину, матеріали і скоротити кількість відходів виробництва, що утворюються, а також істотно

зменшити кількість відходів споживання, які потрапляють на звалища або сміттєспалювання.

- «Рекуперація» - це переробка матеріалів, яка включає компостування органічної речовини, переплавлення скла, металу, пластику та інші форми рекуперації корисних матеріалів, які запобігають їх захороненню; при цьому рециклінг - повернення відходів в той самий технологічний процес, який привів до їх утворення, а рекуперація - це використання відходів після обробки або до неї в інших технологічних процесах або для отримання енергії.
- Генерування енергії. Сміттєспалювання зменшує обсяг відходів, що потрапляють на звалища, і може використовуватися для виробництва електроенергії. Сучасні сміттєспалювальні заводи обладнуються системами очищення викидів, генераторами електроенергії, що використовуються в комбінації з іншими методами.
- Захоронення на полігонах залишається необхідним для відходів, які не підлягають вторинній переробці, які не згорають або згорають з виділенням токсичних речовин. Сучасні санітарні полігони, які відповідають екологічним вимогам, мало нагадують знайомі всім звалища: вони є найскладнішими інженерними спорудами, що обладнані системами боротьби із забрудненнями води і повітря та дозволяють використовувати метан, що утворюється в процесі перегнивання сміття, для виробництва тепла і електроенергії.

Використання різноманітних комбінацій рециклізації, переробки, компостування і зниження обсягів відходів приводить до найефективнішого функціонування системи і кінець кінцем до зменшення кількості відходів, що утворюються. При цьому структура управління відходами повинна бути організована так, щоб вона мала змогу пристосовування до мінливих умов в економічній і технологічній сфері, тобто розвиватися і удосконалитися відповідно змінам підходів до управління та методів переробки матеріалів.

Елементи гнучкості, мобільності і послідовності, які забезпечують розвиток системи управління відходами на базі результатів і досвіду попередніх етапів її розробки і експлуатації, представляють умови для її саморозвитку.

Концепція створення системи управління відходами передбачає розробку комплексу зв'язаних в єдине ціле організаційно-управлінських, правових, нормативно-методичних, технічних і економічних засобів щодо поводження з відходами, ведення моніторингу відходів, реалізацію перспективних наукових розробок, направлених як на підвищення технічного рівня переробки відходів, так і на створення та впровадження маловідходних технологій [9, 13-17].

Одним з основних напрямів в цій області є вдосконалення інформаційного забезпечення та підготовка фахівців щодо поводження з відходами.

В Україні в даний час немає єдиної інформаційної системи щодо відходів. Частково таку інформацію можна знайти в державній статистичній звітності (форма №1-екологічні витрати «Звіт про поточні витрати на охорону природи, екологічні платежі на плату за природні ресурси» (річна)), в екологічних паспортах

підприємств і «Лімітах на розміщення відходів» (форма 1-токсичні відходи «Звіт про утворення, використання та знешкодження токсичних відходів» (річна)). Законодавчо закріплено, що на будь-якому підприємстві повинні бути розроблені Проекти нормативів утворення відходів і ліміти на їх розміщення в цілях зменшення кількості їх утворення (рис. 13.1).

Ідентифікаційний код ЄДРПОУ 3 9 1 3 9 0 0 0

**Державне статистичне спостереження**

Конфіденційність статистичної інформації забезпечується статтями 21 та 22 Закону України "Про державну статистику"

Порушення порядку подання або використання даних державних статистичних спостережень тягне за собою відповідальність, яка встановлена статтею 186<sup>1</sup> Кодексу України про адміністративні правопорушення

**ВИТРАТИ НА ОХОРОНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЛАТЕЖІ за 2015 рік**

ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ СТАТИСТИКИ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ  
14.02.16

**Податок:**

юридичні особи, які мають очисні споруди, здійснюють природоохоронні заходи, сплачують платежі за негативну дію на навколишнє природне середовище, виконують науково-дослідні роботи, надають екологічні послуги, займаються управлінською діяльністю природоохоронного спрямування, за переліком, визначеним органами державної статистики

- органу державної статистики за місцезнаходженням

**Термін подання**

не пізніше 28 лютого

№ 1-екологічні витрати (річна)  
ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Держстату України  
19.08.2014 № 243

**Респондент:**

Найменування: ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЕКОІНТЕЛ»

Місцезнаходження (юридична адреса): 07852, Київська обл., Бородянський р-н, с. Миколівці, вул. Зелена, 23  
(платісний індекс: область - 17, Київ район, населений пункт, вулиця, провулок, площа, тощо, № будинку, корпусу, № квартири, офісу)

Адреса здійснення діяльності, щодо якої подається форма звітності (фактична адреса): 08292, Київська обл., м. Буча, вул. Кірова, 144  
(платісний індекс: область - 17, Київ район, населений пункт, вулиця, провулок, площа, тощо, № будинку, корпусу, № квартири, офісу)

Код сектора 0 (у разі подання звіту про надання спеціалізованих екологічних послуг, незалежно від того до основного чи другорядного виду економічної діяльності вони відносяться, записується код "1", у всіх інших - "0")

**Розділ I. Витрати на охорону навколишнього природного середовища**

ЗАТВЕРДЖЕНО  
наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 7 липня 2008 р. № 342  
**Типова форма № 1-ВТ**

(підприємство, організація, установа, фізична особа – підприємець)

Ідентифікаційний код за ЄДРПОУ юридичної особи або ідентифікаційний номер фізичної особи – платника податків

**ОБЛІК ВІДХОДІВ ТА ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ТАРИ за**

**Цех (відділення, дільниця, підрозділ або інше)** \_\_\_\_\_ **Код виду економічної діяльності** \_\_\_\_\_  
(найменування)

**Виробничий, технологічний процес, установка (устаткування)** \_\_\_\_\_  
(найменування, код)

**Технологічна одиниця, на якій здійснюється облік (окрема операція, одиниця обладнання)** \_\_\_\_\_  
(найменування, код)

| Номенклатурна назва відходу за ДСТУ 3910-99 або упаковки за документацією підприємства | Фізичний стан відходу або вид упаковки | Код відходу за ДК 005-96 або упаковки за ДК 016-97 | Найменування відходу за ДК 005-96 або упаковки за ДК 016-97 | Норматив утворення відходу чи використання упаковки | Одиниця вимірювання кількості відходу або упаковки | Коефіцієнт перерахунку кількості відходу або упаковки в одиниці маси <sup>1</sup> | Кількість утвореного відходу чи використаної упаковки |          | Кількість утвореного відходу чи використаної упаковки, яка утилізується підприємством |          | Кількість утвореного відходу чи використаної упаковки, що не утилізується підприємством |          | Куди і для чого надходять відходи або упаковки, указані в графах 9-а і 9-б та 10-а і 10-б | Показники відходів або упаковок, що контролюються |                                                   |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   | в одиницях графі 6                                    | у тоннах | в одиницях графі 6                                                                    | у тоннах | в одиницях графі 6                                                                      | у тоннах |                                                                                           | показник відходу або упаковки                     | одиниця вимірювання або інше визначення показника | значення показника |
| 1                                                                                      | 2                                      | 3                                                  | 4                                                           | 5                                                   | 6                                                  | 7                                                                                 | 8-а                                                   | 8-б      | 9-а                                                                                   | 9-б      | 10-а                                                                                    | 10-б     | 11                                                                                        | 12                                                | 13                                                | 14                 |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Клас небезпеки                                    | I, II, III, IV                                    |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Категорія небезпеки                               | Чисельне значення                                 |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | ...                                               |                                                   |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Клас небезпеки                                    | I, II, III, IV                                    |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Категорія небезпеки                               | Чисельне значення                                 |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | ...                                               |                                                   |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Клас небезпеки                                    | I, II, III, IV                                    |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | Категорія небезпеки                               | Чисельне значення                                 |                    |
|                                                                                        |                                        |                                                    |                                                             |                                                     |                                                    |                                                                                   |                                                       |          |                                                                                       |          |                                                                                         |          |                                                                                           | ...                                               |                                                   |                    |

(виконавець, посада)
(підпис)
(розшифровка підпису)
(дата)

<sup>1</sup> Для окремих відходів та видів упаковок, що підлягають обов'язковому обліку навіть у невеликих кількостях (зокрема небезпечні та такі, які містять особливо цінні компоненти), можуть установлюватися інші відповідні одиниці маси (кг) або має спеціально визначатись кількість знаків після коми у значенні кількості відходу чи упаковки в тоннах.

Рисунок 13.1 – Державна статистична звітність

Для створення держаної єдиної системи накопичення, зберігання інформації та поводження з нею для оптимального функціонування системи управління відходами необхідно проводити роботу за наступними напрямками:

- науково-методичне забезпечення;
- формування спеціалізованих банків;
- довідково-інформаційне забезпечення споживачів.

На даний час в країні існує Державний Класифікатор відходів ДК 005-96, який на базі уніфікації системи обліку та звітності дає можливість вирішити широкі кола питань державного управління відходами - як еколого-небезпечним чинником та як складовою частиною раціонального ресурсокористування (розглядався у другому розділі).

Оцінка ефективності системи управління охорони навколишнього середовища визначається рівнем екологічних податків (платежів) за сукупні забруднення при здійсненні господарської діяльності підприємства [25].

Сукупні забруднення складаються із забруднюючих речовин, які скидаються у водні об'єкти і викидаються в атмосферу, а також твердих відходів господарської діяльності підприємства. Об'єктивність встановлення розмірів екологічних платежів за різні категорії забруднень є об'єктом екологічного аудиту. Тому контроль фінансового стану системи управління охороною навколишнього середовища стимулює діяльність екологічного менеджменту щодо підтримки стану системи.

В той же час, на даному етапі екологічні платежі є єдиним механізмом економічного регулювання ефективності системи управління охорони навколишнього середовища.

На території України існують єдині правила встановлення плати за викиди й скидання забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище та розміщення в ньому відходів виробництв, а також стягнення відповідних платежів з підприємств, установ і організацій.

Власники відходів, для яких платежі за розміщення відходів всіх класів небезпеки не перевищують 10 грн. в рік, а також власники побутових відходів, що уклали договори на розміщення відходів з підприємствами комунального господарства і власники відходів, що отримали ліцензію на збір і заготівлю окремих видів відходів як вторинної сировини, звільняються від отримання лімітів на утворення і розміщення відходів.

Один з різновидів розміщення відходів - їх зберігання - операція тимчасова. При передачі відходів, що зберігаються, для їх утилізації або захоронення обсяг розміщених відходів зменшується. Це і визначає відмінність в методиці розрахунку збору за розміщення відходів від розрахунку збору за викиди (скидання) шкідливих речовин в навколишнє середовище стаціонарними і пересувними джерелами забруднення.

Згідно Листа Міністерства екології та природних ресурсів України №4914-к/26-11/115-1 від 14.05.2003 р. повідомляється, що в розрахунках збору за розміщення відходів мають бути вказані фактичні обсяги відходів, які протягом звітного періоду дійсно розміщуються на території суб'єкта господарської

діяльності. Обсяги відходів, переданих на договірних основах іншим суб'єктам господарської діяльності, вже не є власністю суб'єкта, що передав їх, і тому не повинні враховуватися в розрахунках збору за розміщення відходів, який повинен стягатися з цього суб'єкта.

Ліміти розміщення відходів у навколишньому природному середовищі визначаються для підприємств як фізичний обсяг відходів за класами їх токсичності згідно з дозволами на розміщення, що видаються у встановленому порядку і приводяться в тоннах на рік.

Нормативом плати за розміщення відходів у межах встановлених лімітів є розмір плати за одну тонну конкретної забруднюючої речовини або класу забруднюючих речовин.

Всі види екологічних платежів засновані на нормативних ставках, встановлених органами національної виконавчої влади (за відсутності еко-логічного кадастру) і визначається відповідно нової методики, яка умовно отримала назву «витратна», суть якої полягає в тому, що на першому етапі для всіх підприємств країни обчислюється єдиний базовий норматив плати за забруднення природного середовища.

Суми податку, який справляється за розміщення відходів, обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів.

Основні принципи економічного регулювання забруднення природного середовища, що закріплені законодавчо, є наступні:

- Зменшення кількості відходів за рахунок впровадження мало- і безвідхідних технологій і залучення в господарський обіг відходів, що утворилися в процесі виробництва. Проте переробка деяких видів відходів економічно не вигідна одному підприємству, оскільки вимагає певних зусиль на збір і зберігання спеціальних технологій і виробничих потужностей по їх переробці (наприклад, люмінесцентні лампи).
- Платність розміщення відходів. Плата за розміщення відходів є формою компенсації збитку, який наноситься навколишньому природному середовищу. Вона складається з плати за розміщення відходів в межах встановлених лімітів і плати за понадлімітне розміщення відходів.
- Економічне стимулювання діяльності в області поводження з відходами. Основними важелями економічного стимулювання повинні бути податкові та кредитні пільги тим природокористувачам, які здійснюють заходи щодо ресурсозберігання і переходу на екологічно чисте виробництво.

Згідно Закону України «Про податок на прибуток підприємств і організацій» та інструкції Державної податкової служби України «Про порядок числення і сплати до бюджету податку на прибуток підприємств і організацій» встановлюється зменшення ставки податку на суму у розмірі 20 % від капітальних вкладень на природоохоронні заходи [26].

Крім того, передбачається зменшення податку на прибуток на суму, направлену з цього прибутку на будівництво, реконструкцію й оновлення виробничих фондів, освоєння нової техніки та технологій, у тому числі й природоохоронних.

Також окремо варто згадати питання контролю і відповідальності в області управління відходами

Державний контроль за діяльністю в області поводження й управління відходами здійснюється спеціально уповноваженими державними органами виконавчої влади.

До складу державного контролю входить контроль за:

- виконанням екологічних, технологічних, санітарних і інших вимог при поводженні з відходами;
- дотриманням вимог до трансграничного переміщення відходів;
- виконанням заходів щодо зменшення кількості відходів і залучення їх в господарський обіг як додаткову сировину;
- достовірністю інформації, що надається, в області поводження з відходами;
- виявленню порушень законодавства України в даній області та залучення винних до відповідальності т.д.

Юридичні особи, які здійснюють діяльність в області поводження з відходами, повинні організувати та здійснювати виробничий контроль за дотриманням вимог законодавства. Порядок здійснення цього контролю визначає юридичну особу і погоджує його з контролюючими органами.

По суті виробничий контроль є внутрішнім аудитом сфери поводження з відходами.

Практично під виробничим екологічним контролем розуміють комплекс робіт, які здійснюються екологічною службою підприємства, пов'язаних з перевіркою виконання ним вимог природоохоронного законодавства.

До сфери виробничого екологічного контролю відносяться:

- визначення складу і класу небезпеки відходів, що утворюються, їх реєстрація у державному (регіональному) каталозі (КВ);
- виявлення джерел впливу на навколишнє середовище;
- контроль за дотриманням відповідних нормативів;
- контроль за роботою природоохоронного обладнання та споруд;
- контроль за станом об'єктів навколишнього середовища в зоні впливу підприємства;
- ведення звітності і надання інформації контролюючим органам і т.п.

Невиконання або порушення законодавства України в області поводження з відходами приводить до дисциплінарної, адміністративної, цивільно-правової або кримінальної відповідальності.

## **Контрольні питання до розділу 13**

1. Назвіть складові частини Ієрархії системи управління відходами.

2. Назвіть основні принципи економічного регулювання забруднення природного середовища.
3. На чому засновані всі види екологічних платежів?
4. Вкажіть основні принципи економічного регулювання забруднення природного середовища, що закріплені законодавчо.
5. Що розуміють під поняттям виробничо-екологічний контроль?

## ВИСНОВКИ

У посібнику розкрито базові питання поводження з відходами, у тому числі їх утилізації та рекуперації.

У першому розділі розглянуто основні аспекти законодавчого регулювання у сфері поводження з відходами.

Наступний розділ присвячений критеріям оцінки відходів. Також наведено основні вимоги до їх зберігання.

Третій і четвертий розділи пов'язані з питаннями способів поводження з відходами і методів їх зберігання.

У п'ятому розділі описані термічні методи поводження з відходами.

Шостий розділ вміщує інформацію щодо особливостей збору, сортування та сортування відходів.

У сьомому описані маловідходні і безвідходні технології, методи комплексного використання відходів різних галузей.

Восьмий розділ описує сучасний стан поводження з відходами в Україні.

Наступні розділи аналізують способи утилізації окремих видів відходів, зокрема пластмас, гумових виробів, відпрацьованих олив, відходів деревини, картону та паперу.

Останній розділ присвячений еколого-економічним проблемам відходів виробництва і споживання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zelenko Y., Bezovska M. Development of an environmentally friendly scheme for the recovery of used engine oils. *New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries* : monograph / ed. by authors. 3rd ed. Riga : Baltija Publishing, 2019. P. 143–164. URL: [http://www.baltijapublishing.lv/download/all-science-3/all-science\\_part\\_3.pdf](http://www.baltijapublishing.lv/download/all-science-3/all-science_part_3.pdf) (date of access: 08.10.2024).
2. Безовська М. С. Підвищення рівня екологічної безпеки при поводженні з відпрацьованими нафтопродуктами на залізниці : дис. .... канд. техн. наук : 21.06.01. Івано-Франківськ, 2014.
3. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Гіроль А. М. Технології водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 625 с.
4. Душкін С. С., Дегтяр М. В. Технологія утилізації твердих побутових відходів : конспект лекцій / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ, 2011. 86 с.
5. Зеленько Ю. В. Розвиток методологічних основ ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій при експлуатації залізничного транспорту : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.20. Дніпропетровськ, 2015. 456 с.
6. Щодо проблеми відновлення оливних відходів залізниць / Ю. В. Зеленько та ін. *Вісник сертифікації залізничного транспорту*. 2019. № 6. С. 6–9.
7. Техноекологія. Екологічні аспекти екіпірування рухомого складу залізниць : навч. посіб. / Ю. В. Зеленько та ін. ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. Дніпро, 2024. 172 с.
8. Клименко М. О., Залеський І. І. Техноекологія : підручник. Херсон : ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 348 с.
9. Кращі європейські практики управління відходами : посібник / Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. ; за заг. ред. О. Кравченко. Львів : Компанія “Манускрипт”, 2019. 64 с.
10. Техноекологія : підручник / М. С. Мальований та ін. ; за ред. М. С. Мальованого. Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2013. 424 с.
11. Зеленько Ю. В., Тарасова Л. Д., Безовська М. С. Підвищення рівня екологічної безпеки при поводженні з відпрацьованими моторними оливами залізничної інфраструктури : монографія. Дніпропетровськ : Вид-во «Літограф», 2016. 50 с.
12. Поводження з відходами : курс лекцій / уклад.: О. В. Рибалова. Харків : НУЦЗУ, 2016. 530 с.
13. Гуменюк О., Цискарідзе Д., Кошеру І. Розумне управління відходами спільнот. В рамках проекту: Розумне управління відходами в країнах Східного партнерства : посібник. 2017. 43 с.
14. Технологічні основи утилізації та рекуперації твердих промислових та побутових відходів : навч. посіб. / Е. В. Рубан та ін. ; за заг. ред. проф. Є. В. Попова. Сєверодонецьк : СХУ ім. В. Даля, 2018. 312 с.
15. Утилізація та рекуперація відходів : методичні рекомендації до практичних занять / уклад. М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, О. В. Розгон ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. Дніпро : УДУНТ, 2024. 37 с.

16. Утилізація та рекуперація відходів : навч. посіб. / В. М. Кропівний, О. В. Медведева, А. В. Кропівна, О. В. Кузик ; заг. ред. В. М. Кропівного. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 440 с.
17. Франчук Г. М., Ісаєнко В. М., Запорожець О. І. Урбоекологія і техноекоекологія : навч.-метод. посіб. Київ : НАУ, 2004. 200 с.
18. Про відходи : Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР : станом на 9 лип. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-vp#Text> (дата звернення: 08.10.2024)
19. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 08.10.2024).
20. Поводження з промисловими відходами. *Головне управління Держспродспоживслужби в Чернівецькій області*. URL: <https://consumer-cv.gov.ua/blog/2019/02/08/povodzhennya-z-promyslovymy-vidhodamy/> (дата звернення: 10.10.2024).
21. *Львівська міська рада*. URL: <https://city-adm.lviv.ua/news/city/housing-and-utilities/270273-u-lvovi-na-vul-rankovii-vstanovyly-pidzemnyi-konteinernyi-maidanchyk-dlia-zboru-tpv> (дата звернення: 09.10.2024).
22. *Cargol*. URL: <https://cargol.com.ua/services/perevezennia-nebezpechnikh-vantazhiv> (дата звернення: 10.10.2024).
23. *Альфа Пак*. URL: <https://alfapack-shop.com/ua/markirovka-posudi-ua> (дата звернення: 10.10.2024).
24. Чим відрізняється ДСП від ДВП. *Artkone*. URL: <https://artkone.com.ua/chim-vidriznjajetsja-dsp-vid-dvp/> (дата звернення: 10.10.2024).
25. *Екологія Право Людина*. URL: <https://epl.org.ua/> (дата звернення: 10.10.2024).
26. Про податок на прибуток підприємств і організацій : Декрет Каб. Міністрів України від 26.12.1992 № 12-92 : станом на 4 жовт. 2006 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/12-92#Text> (дата звернення: 10.10.2024).
27. Waste-transforming waster to energy. *Vattenfall*. URL: <https://group.vattenfall.com/our-operations/our-energy-sources/waste> (date of access: 10.10.2024).
28. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16.10.1992 № 2707-XII : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення: 10.10.2024).
29. ДК 005-96. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів. Чинний від 1996-10-01. Вид. офіц. URL: <https://plast.vn.ua/DK005-96.html> (дата звернення: 11.10.2024).
30. Будівництво полігонів ТПВ. *Excavator*. URL: <https://excavator.org.ua/ua/zemlyanye-raboty/stroitelstvo-poligonov-tbo.html> (дата звернення: 10.10.2024).
31. Учасники проєктів Вікімедіа. Звалище. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Звалище> (дата звернення: 10.10.2024).
32. Інсинератор для утилізації всіх видів відходів WFS-30 BTE. *Hydromarket*. URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/p820364310-insinator-dlya-utilizatsii.html> (дата звернення: 10.10.2024).
33. *Vodolex*. URL: <https://vodolex.com.ua/ua/catalog/piroliznyy-kotel-ziehbart-1200-kvt> (дата звернення: 10.10.2024).

34. Твердопаливні котли тривалого горіння. *Teplomag*. URL: <https://teplomag.com.ua/ua/p241385571-piroliznye-tverdoplivnye-kotly.html> (дата звернення: 14.10.2024).
35. Енергія з відходів. *Крок*. URL: <http://krok.ua/uk/energiya-z-vidhodiv/> (дата звернення: 14.10.2024).
36. Сушильний комплекс. *Firewood*. URL: <https://firewood.com.ua/equipment/lines/> (дата звернення: 14.10.2024).
37. Європейська правда. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/> (дата звернення: 14.10.2024).
38. Учасники проектів Вікімедіа. Колосникова решітка. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Колосникова\\_решітка](https://uk.wikipedia.org/wiki/Колосникова_решітка) (дата звернення: 14.10.2024).
39. Воронцова О. У столичних парках встановлюють контейнери для роздільного збору сміття. *Главком*. URL: <https://glavcom.ua/kyiv/news/u-stolichnih-parkah-vstanovlyuyut-konteyneri-dlya-rozdilnogo-zboru-smitty-a-foto-686109.html> (дата звернення: 14.10.2024).
40. Київ-Спецтех. URL: <https://kievspetsteh.prom.ua/ua/p852265026-kontejner-otsinkovaniy-1100.html> (дата звернення: 14.10.2024).
41. Офіційний портал КМДА. URL: <https://kyivcity.gov.ua/news/u-tsentralniy-chastini-kiyeva-vstanovili-55-novikh-konteyneriv-dlya-rozdilnogo-zboru-smitty-a/> (дата звернення: 14.10.2024).
42. Інтернет-видання «Полтавщина». URL: <https://poltava.to/news/52501/> (дата звернення: 14.10.2024).
43. Завод комунальної техніки. *Альфатекс*. URL: <https://alfateks.com.ua/katalog-tekhniki/alfateks/smittyevozi/smittyevoz-z-bokovim-zavantazhennyam-at-4032-na-shasi-dayun-cgc1141/> (дата звернення: 14.10.2024).
44. Продаж і ремонт гідравлічного обладнання в Україні. *Hydraulicline*. URL: <https://hydraulicline.com.ua/ua/p1110305955-musorovoz-zoeller-remont.html> (дата звернення: 16.10.2024).
45. Шнекові компактори Екополімер для пресування відходів. *Ecopolymer*. URL: <https://ecopolymer.com.ua/compacting/> (дата звернення: 16.10.2024).
46. Мобільні компактори для вологих відходів SKPC. *Rikobaler*. URL: <https://rikobaler.com/skpc-compacto/> (дата звернення: 16.10.2024).
47. Продукція EMS Makina. *Крамар ЕКО*. URL: <https://kramar-eko.com.ua/uk/ems-makina/> (дата звернення: 16.10.2024).
48. Продекологія. URL: <https://prodecolog.com.ua/product/separator-mahnitnyy-barabanny-bs-d-500-1200mm-kopirovat/> (дата звернення: 16.10.2024).
49. Як працює нова сміттесортувальна лінія у Луцьку. *Волинські новини*. URL: <https://www.volynnews.com/news/all/yak-pratsiuye-nova-smittyesortuvalna-liniia-u-lutsku/> (дата звернення: 16.10.2024).
50. 18000.com.ua. URL: <https://18000.com.ua/strichka-novin/tripilsku-tes-yaka-postachala-elektroenergiyu-v-cherkasku-oblast-znishhili/> (дата звернення: 16.10.2024).
51. Західний кур'єр. URL: <https://kuryer.if.ua/burshtynska-tes-prodovzhuye-praczuvaty-ta-vyroblaty-elektroenergiyu/> (дата звернення: 16.10.2024).

52. Офіційний портал КМДА – Головна. URL: [https://kyivcity.gov.ua/news/kiv\\_planuye\\_osnastiti\\_zavod\\_energiya\\_sistemoyu\\_khimichno\\_ochistki\\_scho\\_znizit\\_u\\_razi\\_riven\\_shkidlivikh\\_vikidiv\\_petro\\_panteleyev/](https://kyivcity.gov.ua/news/kiv_planuye_osnastiti_zavod_energiya_sistemoyu_khimichno_ochistki_scho_znizit_u_razi_riven_shkidlivikh_vikidiv_petro_panteleyev/) (дата звернення: 16.10.2024).
53. Переробка відходів пластику. *ПЛАСТ ЛОМ*. URL: <https://plast-lom.com.ua/pererobka-vidhodiv-plastiku/> (дата звернення: 16.10.2024).
54. Забруднення пластиковими відходами світового океану і боротьба з ним. *Zhytomyr*. URL: <https://zhytomyr.name/uk/articles/743-zabrudnennya-plastikovimi-vidkhodami-svitovogo-oceanu-i-borotba-z-nim> (дата звернення: 16.10.2024).
55. *Flagma.ua*. URL: <https://flagma.ua/uk/products/zaporozhe/q=утилізація+шин/> (дата звернення: 17.10.2024).
56. Утилізація шин та ГТВ. *ТОВ «Метал»*. URL: <http://metal-ltd.com/ukr/13/> (дата звернення: 17.10.2024).
57. *Новини Чернівці: Інформаційний портал «Молодий буковинець»*. URL: [https://molbuk.ua/chernovtsy\\_news/171743-u-sokyryanakh-zaboronyly-spalyuvaty-avtomobilni-shyny.html#google\\_vignette](https://molbuk.ua/chernovtsy_news/171743-u-sokyryanakh-zaboronyly-spalyuvaty-avtomobilni-shyny.html#google_vignette) (дата звернення: 17.10.2024).
58. *Prom.ua*. URL: <https://prom.ua/ua/p516303522-rezinovaya-kroshka-dlya.html> (дата звернення: 17.10.2024).
59. *Henan Realtop Machinery Co.,Ltd.* URL: <https://www.realtopenenergy.com/scrap-plastic-pyrolysis-machine/waste-plastic-converting-to-oil-production.html> (date of access: 17.10.2024).
60. Переробка та утилізація деревних відходів. *УтильВторПром*. URL: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/uk/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-derevyannyh-izdelij/> (дата звернення: 17.10.2024).
61. Що краще ДВП або ДСП?. *Artkone*. URL: <https://images.app.goo.gl/H6NKAiW7ahEuUc67> (дата звернення: 17.10.2024).
62. Учасники проектів Вікімедіа. Деревинні пластики. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Деревинні\\_пластики](https://uk.wikipedia.org/wiki/Деревинні_пластики) (дата звернення: 17.10.2024).
63. Тарний картон. *Київський картонно-паперовий комбінат*. URL: <https://www.papir.kiev.ua/catalog/karton/tarnij-karton/> (дата звернення: 17.10.2024).
64. *Promobud.ua*. URL: <https://www.promobud.ua/ua/kupiti-palivni-briketi-tcina-900-grn-t-an109205.htm> (дата звернення: 17.10.2024).
65. Сортуння відходів. *Екологічна варта*. URL: <https://agitbrigada-ekologichna-varta.webnode.com.ua/sortuvannya-vidkhodiv/> (дата звернення: 17.10.2024).
66. Переробка макулатури та целюлози і виробництво паперової основи. *Папір Захід*. URL: <https://papir-zahid.com/obladnannya/pererobka-makulatury-ta-czelyulozy-i-vyrobnyctvo-papervoyi-osnovy/> (дата звернення: 17.10.2024).
67. *Print-Machine*. URL: <https://print-machine.com/ua/slitter-rewinder-for-paper-and-cardboard-la-meccanica-fumagalli-trm.html> (дата звернення: 17.10.2024).

Навчальне видання

*Безовська Марина Сергіївна, Зеленько Юлія Володимирівна,*

*Розгон Оксана Вікторівна*

## **УТИЛІЗАЦІЯ ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ВІДХОДІВ**

Навчальний посібник

Електронне видання

Відповідальний редактор М. С. Безовська  
Комп'ютерна верстка М. С. Безовська  
Дизайн обкладинки М. С. Безовська

Експертний висновок склав: канд. техн. наук, доц. М. Сорока

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 1.817 від 21.02.2025 р.)

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 7,96. Обл.-вид. арк. 8,06.  
Зам. № 21

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)  
м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

