

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

І. В. Сталінська
О. В. Хандогіна

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 183 – Технології захисту
навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

УДК 621:311(057.8)

Сталінська І. В. Технології переробки та утилізації відходів : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 152 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. І. В. Сталінська,
канд. екон. наук, доц. О. В. Хандогіна

Рецензент

Н. О. Телюра, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1
від 05.09.2022*

© І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна, 2023
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ	
ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	5
Тема 1 Збирання побутових відходів.....	5
Тема 2 Перевезення побутових відходів	14
Тема 3 Оброблення та перероблення відходів.....	16
Тема 4 Видалення відходів.....	27
Тема 5 Шляхи зменшення кількості відходів. Безвідходні технології.....	34
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ	
ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ	45
Тема 6 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами.....	45
Тема 7 Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу	53
Тема 8 Утилізація відходів металургійного комплексу.....	62
Тема 9 Утилізація відходів машинобудівного комплексу	70
Тема 10 Утилізація відходів хімічного виробництва	73
Тема 11 Утилізація відходів переробки деревини.....	88
Тема 12 Утилізація відходів виробництва будівельних матеріалів	94
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ	
ТА УТИЛІЗАЦІЇ СПЕЦИФІЧНИХ ВИДІВ ВІДХОДІВ	99
Тема 13 Утилізація медичних відходів.....	99
Тема 14 Утилізація радіоактивних відходів.....	104
Тема 15 Утилізація сільськогосподарських відходів	114
Тема 16 Утилізація відходів електричного та електронного обладнання	132
Тема 17 Відходи упаковки	135
Тема 18 Відходи будівельно-ремонтних робіт	141
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	146

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція
ВВЕР – водно-водяний енергетичний реактор
ВЕЕО – відходи електричного та електронного обладнання
ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я
ВРХ – велика рогата худоба
ВЯП – відпрацьоване ядерне паливо
ГЕС – гідроелектростанція
ДДТ – дихлордифенілтрихлорметилметан
ДСП – деревинно-стружкові плити
ДТП – деревинно-тирсові плити
МВ – медичні відходи
МІВ – масла індустриальні відпрацьовані
ММВ – масла моторні відпрацьовані
ЄС – Європейський Союз
МОР – мастильно-охолоджуючі рідини
НПС – навколишнє природне середовище
НТП – науково-технічний прогрес
ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводні
ПАР – поверхнево-активні речовини
ПВ – побутові відходи
ПЕК – паливно-енергетичний комплекс
ПХД – поліхлоровані дифеніли
ПХДД – поліхлоровані дибензо-діоксини
ПХДФ – поліхлоровані дибензофурани
РАВ – радіоактивні відходи
РВВ – розширена відповідальність виробника
РРВ – рідкі РАВ
СНВ – суміші нафтопродуктів відпрацьованих
СНІД – синдром набутого імунодефіциту
СОЗ – стійкі органічні забруднювачі
СПС – сміттєперевантажувальна станція
ТЕС – теплова електростанція
ТПВ – тверді побутові відходи
ХЗЗР – хімічні засоби захисту рослин
ЧАЕС – Чорнобильська атомна електростанція

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Тема 1 Збирання побутових відходів

Організація збору та видалення побутових відходів здійснюється відповідно до Закону України «Про відходи» [1] (а з липня 2023 року буде здійснюватися відповідно до Закону України «Про управління відходами») та інших відповідних нормативно-правових актів.

У багатьох містах України функціонує унітарна (валова) система збору твердих побутових відходів (ТПВ), тобто всі види відходів збираються в одну загальну ємність і транспортуються до місць знешкодження. У ситуації, що склалася, такий підхід до збору та видалення цих відходів з міської зони вважається найменш витратним [2].

У населених пунктах збирання твердих, ремонтних і великогабаритних відходів рекомендується здійснювати за контейнерною або безконтейнерною схемами. Розрізняють також планово-подвірну або планово-поквартирну системи збирання відходів.

Планово-подвірна система збирання ТПВ – система, за якою зібрані в контейнери або сміттєприймальні камери будинків відходи вивозять сміттєвозами на об'єкти поводження. Технологічна схема та устаткування, що застосовується у разі планово-подвірного методу, визначається кількістю населення, що обслуговується, щільністю та поверховістю забудови, наявністю у будинках сміттєпроводів.

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

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

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

За наявної системи всі зібрані спеціалізованими підприємствами відходи (як від житлового сектора, так і від підприємств і організацій) транспортуються на полігони ТПВ. Діяльність спеціалізованих підприємств зі збору та вивезення ТПВ фінансуються в основному за рахунок оплати договорів, які суб'єкти господарювання укладають зі спеціалізованими структурами, об'єднаннями співвласників (для мешканців багатоквартирних житлових будинків) і власниками приватних домоволодінь, а також з підприємствами, установами та організаціями. Наявна система збирання відходів не відповідає сучасним вимогам, залишається низьким рівень механізації об'єктів комунального господарства внаслідок значного фізичного та морального зносу основних фондів, недостатності спеціалізованих транспортних засобів, машин і механізмів для санітарного очищення та прибирання територій. Погіршує ситуацію відсутність коштів, необхідних на розвиток цієї сфери, відсутність санкціонованих місць складування, системи збору та сортування ТПВ та інші фактори.

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

Планово-регулярна організація збору і видалення ТПВ передбачає вивіз відходів з домоволодіння зі встановленою періодичністю. Періодичність видалення ТПВ встановлюється санітарними службами, виходячи з місцевих

умов відповідно до діючих правил утримання території населених місць. Тип і ємкість вживаних сміттєзбірників залежить від кількості відходів, типу і поверховості забудови, способу завантаження і вивантаження ТПВ, що накопичуються. В малоповерховій забудові всі ТПВ збирають в сміттєзбірники, мішки або іншу тару. Потім вручну або механізовано завантажують у кузов сміттєвозу. Для багатоповерхових або групи малоповерхових будинків встановлюють стандартний контейнер на коліщатках, відходи з якого механізованим способом вивантажують в сміттєвоз. В місцях великого скупчення ТПВ встановлюють контейнери-кузови, що знімаються.

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

Вимоги до облаштування контейнерних майданчиків:

- водонепроникне тверде покриття;
- обладнані навісами, огорожею;
- ізольовані від об'єктів обслуговування населення, господарських дворів і магістральних вулиць смугою зелених насаджень шириною не менше 1,5 м;
- не прохідні для пішоходів і транзитного руху транспорту;
- рекомендується обладнувати пандусом від проїзної частини та огороженням;
- віддалені від меж земельних ділянок навчальних та лікувально-профілактичних закладів, стін житлових та громадських будівель і споруд, майданчиків для ігор дітей та відпочинку населення на відстань не менше 20 м;
- на території садибної забудови населених пунктів відстань від контейнерних майданчиків до меж присадибних ділянок зі сторони вулиць має складати не менш як 5 м.

Власник контейнерів для зберігання побутових відходів зобов'язаний забезпечити їх миття та дезінфекцію засобами, дозволеними до використання

Міністерством охорони здоров'я України, у літній період року – не рідше одного разу на 10 діб, а в інші періоди року – не рідше одного разу на місяць.

За планово-поквартирної системи збирання побутових відходів споживачі самостійно завантажують побутові відходи у сміттєвоз, що прибуває за графіком. Забороняється виставляти та складувати побутові відходи за межами присадибної ділянки завчасно (раніше однієї години) до прибуття сміттєвозу.

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

Таку систему збирання можна застосовувати виключно на території садибної забудови.

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

Роздільне збирання побутових відходів – збирання побутових відходів за окремими компонентами, включаючи сортування побутових відходів, з метою подальшого перероблення та утилізації [1].

Роздільне збирання побутових відходів здійснюється з метою зменшення їх кількості, яка розміщується на полігонах побутових відходів, одержання вторинної сировини та вилучення небезпечних відходів, що є у складі побутових відходів, поліпшення екологічного стану довкілля.

Збирання і заготівля відходів як вторинної сировини – це діяльність, пов'язана із збиранням, купівлею, прийманням, зберіганням, обробленням (переробленням), перевезенням, реалізацією і постачанням таких відходів переробним підприємствам на утилізацію, а також надання послуг у цій сфері [1].

До відходів вторинної сировини належать відходи, що можуть бути використані в промисловості як вторинна сировина або з яких можна безпосередньо виготовити продукти, що знайдуть своє застосування. До

відходів вторинної сировини можна віднести: папір, картон, скло, полімери, побутовий металобрухт, а також органічну складову побутових відходів.

Роздільне збирання – це метод збирання відходів як вторинної сировини, за яким кожний компонент ТПВ, визначений для подальшого надходження на переробку чи повторне використання (перероблювані матеріали), збирається окремо у спеціальні контейнери.

Небезпечні відходи у складі побутових відходів, які визначені постановою Кабінету Міністрів України від 13.07.2000 № 1120 «Про затвердження Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією/видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів», збираються окремо від інших видів побутових відходів у контейнери червоного кольору, а також відокремлюються на етапі збирання чи сортування і передаються споживачами та виконавцями послуг з вивезення побутових відходів спеціалізованим підприємствам, що одержали ліцензії на здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами.

Роздільне збирання ТПВ здійснюється за компонентами, що входять до складу відходів, які відображаються у відсотках від їх загальної маси або об'єму. Морфологічний склад ТПВ визначається шляхом проведення вимірів протягом чотирьох сезонів року, відповідно до Методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів, затверджених наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 16.02.2010 № 39. Норми надання послуг з вивезення побутових відходів визначаються відповідно до Правил визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів, затверджених наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 30.07.2010 № 259.

Компоненти, що входять до складу твердих побутових відходів, визначають за такою класифікацією:

- органічна складова побутових відходів, що легко загниває;
- папір та картон;
- полімери;

- скло;
- побутовий металобрухт;
- текстиль;
- дерево;
- небезпечні відходи у складі побутових відходів;
- кістки, шкіра, гума.

Для збирання окремих складових ТПВ слід використовувати контейнери зі спеціальними отворами для складування ресурсоцінних складових ТПВ. Контейнери мають бути з кришкою, що замикається, або закритого типу.

Перевезення окремих компонентів ТПВ, які не псуються (не розкладаються), допускається здійснювати рідше, ніж ТПВ, зібраних за унітарною системою. Режим перевезення окремих компонентів ТПВ визначається виконавцем послуг із збирання та перевезення ТПВ та погоджується із замовником.

Впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів проводиться за такими етапами:

- визначення обсягів надання послуг з вивезення побутових відходів;
- визначення компонентів, що входять до складу твердих побутових відходів, та проведення розрахунків середньодобового та середньорічного утворення відходів як вторинної сировини у складі ТПВ;
- визначення споживачів вторинної сировини та/або обґрунтування необхідності будівництва спеціальних установок з перероблення відходів як вторинної сировини;
- визначення вимог споживачів вторинної сировини до якості відходів як вторинної сировини та вартості їх приймання на перероблення;
- вибір технологічної схеми роздільного збирання ТПВ;
- вибір типів і розрахунок кількості контейнерів для збирання відходів як вторинної сировини, придбання контейнерів;
- вибір раціональної схеми розташування контейнерів та будівництво у разі необхідності контейнерних майданчиків;

– визначення системи та режиму перевезення відходів як вторинної сировини;

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

Роздільне збирання ТПВ впроваджується поетапно, зокрема на першому етапі – шляхом проведення експериментів з роздільного збирання ТПВ в окремих районах населеного пункту з використанням різних технологічних схем з метою визначення найбільш ефективних та прийнятних для конкретного населеного пункту.

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

Для роздільного збирання ТПВ використовують такі технологічні схеми:

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

Під час організації роздільного збирання ТПВ за технологічною схемою 1 встановлюють два контейнери. Перший контейнер – блакитного кольору з написом «Вторинна сировина» – призначений для збирання відходів вторинної сировини, окрім органічної складової ПВ. Другий контейнер – сірого кольору – призначений для збирання решти змішаних відходів, у тому числі органічної складової ПВ.

Технологічна схема 1 передбачає централізоване перевезення зібраних окремо в одному контейнері відходів як вторинної сировини на підприємства сортування або перероблення ТПВ.

Технологічну схему 2 використовують у разі, коли один з видів відходів вторинної сировини не потребує додаткового оброблення і може бути окремо

вивезений безпосередньо на об'єкти перероблення. Інші відходи вторинної сировини, які потребують додаткового оброблення та доведення до певних критеріїв якості, централізовано перевозять на підприємства сортування або перероблення ТПВ. Технологічна схема 2 передбачає: роздільне збирання в одному контейнері одного певного виду відходу вторинної сировини, у другому контейнері – інших відходів вторинної сировини; у третьому контейнері – змішаних відходів.

За технологічною схемою 2 на контейнерному майданчику встановлюють: один контейнер для збирання одного певного виду відходу вторинної сировини, зокрема: або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів, або зелений контейнер з написом «Скло» – для збирання скла, або синій контейнер з написом «Папір» – для збирання паперу; один контейнер блакитного кольору з написом «Вторинна сировина», призначений для збирання інших відходів вторинної сировини; один контейнер сірого кольору, призначений для збирання змішаних відходів.

Технологічну схему 3 використовують у разі, коли окремі два види відходів вторинної сировини не потребують додаткового оброблення і можуть бути окремо вивезені безпосередньо на об'єкти перероблення. Інші відходи вторинної сировини, які потребують додаткового оброблення та доведення до певних критеріїв якості, централізовано перевозять на підприємства сортування або перероблення ТПВ. Технологічна схема 3 передбачає: роздільне збирання в одному контейнері одного певного виду відходу вторинної сировини, у другому контейнері – другого певного виду відходу вторинної сировини; у третьому контейнері – інших відходів вторинної сировини; у четвертому контейнері – змішаних відходів.

За технологічною схемою 3 на контейнерному майданчику встановлюють: один контейнер для збирання одного певного виду відходу вторинної сировини, зокрема: або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів, або зелений контейнер з написом «Скло» – для збирання скла, або синій контейнер з написом «Папір» – для збирання

паперу; один контейнер для збирання другого певного виду відходу як вторинної сировини, зокрема: або зелений контейнер з написом «Скло» – для збирання скла, або синій контейнер з написом «Папір» – для збирання паперу, або жовтий контейнер з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів; один контейнер блакитного кольору з написом «Вторинна сировина», призначений для збирання інших відходів вторинної сировини; один контейнер сірого кольору, призначений для збирання змішаних відходів.

За технологічною схемою 4 роздільне збирання ТПВ здійснюється в окремі контейнери, розміщені на контейнерному майданчику: жовтий з написом «Полімери» – для збирання полімерних відходів, зелений з написом «Скло» – для збирання скла, синій з написом «Папір» – для збирання паперу, коричневий з написом «Органічна складова» – для збирання органічної складової побутових відходів, сірий з написом «Змішані відходи» – для збирання змішаних ТПВ.

За технологічними схемами 1, 2, 3 та 4 можна здійснювати роздільне збирання компонентів ТПВ на об'єктах загального користування.

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

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

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

Заборонено використання вигрібних ям без дна з фільтрацією у ґрунт неочищених стоків. Заборонено використання вигрібних ям у районах

індивідуального житлового будівництва, де є централізоване водопостачання та каналізація.

Рекомендується на заміну вигрібних ям використовувати септики – споруди для очищення невеликих об'ємів стічних вод (до 25 м³/добу).

Тема 2 Перевезення побутових відходів

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

Транскордонне перевезення відходів – транспортування відходів з території, або через територію України, на територію або через територію іншої держави [1].

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

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

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

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

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

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

Застосування двоетапного перевезення ТПВ здійснюється для зниження транспортних витрат на паливе і мастила та, відповідно, тарифів на послуги з вивезення ТПВ, зменшення кількості сміттевозів, що працюють під час збирання і перевезення відходів, підвищення продуктивності роботи, поліпшення екологічного стану довкілля.

Двоетапна технологія перевезення ТПВ передбачає наявність сміттевозів-збирачів, транспортних сміттевозів і сміттеперевантажувальної станції.

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

Сміттеперевантажувальна станція (СПС) – спеціалізований об'єкт, призначений для перевантаження ТПВ із сміттевоза-збирача у приймальний чи накопичувальний бункер або у транспортний сміттевоз, залежно від вибраного технологічного варіанта застосування СПС.

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

СПС доцільно застосовувати, якщо відстань від місць збирання до об'єктів поводження з ПВ перевищує 20 км за відповідного техніко-економічного обґрунтування. СПС рекомендується застосовувати для централізованого перевантаження ПВ, які доставляють до них від місць збирання, у великовантажні спеціально обладнані транспортні засоби. Функції СПС можуть виконувати сміттесортувальні або сміттепереробні заводи відповідно до застосованих на них технологій.

Розмір санітарно-захисної зони має бути 100 м.

Для збору і транспортування ТПВ застосовуються сміттевози ємкістю від 6 до 60 м³. Для ущільнення відходів, що транспортуються, – ущільнюючі пристрої поворотно–поступальної дії з системою плит, у вигляді барабана, що обертається, і шнекові. Ущільненням досягається зниження обсягу ТПВ

в 1,5–2 рази. У важкодоступних місцях застосовуються невеликі сміттєвози ємкістю від 1 до 6 м³. Із малих сміттєвозів відходи перевантажуються у великовантажний транспорт для вивозу до місць знешкодження чи захоронення. Зі зростанням міст, місця видалення ТПВ все більше віддаляються, та збільшується вартість транспортування відходів. Для перевезення на далекі відстані застосовують в основному автомобільний транспорт, рідше – залізничний і водний (наприклад, у Нью-Йорку). Вельми перспективним для цих цілей є використання мережі міського електротранспорту з вивозом ТПВ у нічний час.

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

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

Тема 3 Оброблення та перероблення відходів

Оброблення (перероблення) відходів – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення [1].

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

Повторне використання означає довгострокове користування різними предметами і матеріалами, аби уникнути покупки нових товарів. Це передбачає придбання предметів і матеріалів тривалого або багаторазового використання, налагодження або оновлення пошкоджених предметів. Переробка в сировину і

продукти передбачає виробництво з відходів нових матеріалів і продуктів і/або сировини для інших товарів. Це більш економічний спосіб виробництва, ніж виготовлення тих же матеріалів і продуктів з початкової сировини.

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

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

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

- склад, властивості, кількість ПВ, методи їх збирання;
- місцеві умови – наявність місцевих підприємств, які можуть переробляти окремі компоненти ПВ;
- можливість використання корисних властивостей компонентів ПВ;
- капітальні та інші початкові витрати на впровадження та перероблення ПВ;
- експлуатаційні витрати на перероблення ПВ з урахуванням сум, що були повернені, вартості продуктів перероблення.

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

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

розташовано станцію сортування, а також цех перероблення твердих побутових відходів та їх компонентів.

Сортування твердих побутових відходів – механічне розподілення твердих побутових відходів за їх фізико-хімічними властивостями, технічними складовими, товарними показниками тощо з метою підготовки відходів до їх утилізації чи захоронення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Рекомендовані способи механізованого сортування ПВ

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

Сортування доцільно здійснювати на сортувальних комплексах із подальшим переробленням.

Лінія сортування твердих побутових відходів – необхідний набір основного й допоміжного обладнання, розташованого у певній послідовності відповідно до етапів технологічного процесу сортування, який дозволяє виділити зі змішаних побутових відходів окремі компоненти, що підлягають подальшій реалізації або переробленню, і залишок з подальшим його захороненням.

Впровадження сортувальних комплексів доцільно здійснювати паралельно із впровадженням роздільного збирання, враховуючи необхідність

підвищення якості та вартості прийняття на перероблення окремих компонентів ППВ.

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

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

Готові для повторного використання відходи переробляють відповідно до технологій підприємства. Водночас на звичайні сміттєзвалища не мають потрапляти відходи, які розкладаються біологічним шляхом (норма Директиви ЄС 1999/31/ЕС) [3].

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

Брикет для захоронення твердих побутових відходів – спресований до щільності природних ґрунтів (≥ 1000 кг/м³) залишок ТПВ, отриманий після вилучення з їх складу небезпечних відходів та відходів вторинної сировини під час роздільного збирання побутових відходів або на об'єктах сортування побутових відходів.

Роздільна (селективна) система збору окремих складових ТПВ забезпечує отримання чистих вторинних ресурсів від населення і зменшення кількості відходів, що вивозяться. Ця система, у свою чергу, вимагає від населення свідомого підходу до видалення ТПВ, збільшення числа обслуговуючого персоналу, тари, спецтранспорту для вивозу кожного виду вторинної сировини. В Україні, на відміну від європейських країн, США та

Японії, селективний збір ТПВ поки не отримав широкого практичного розвитку.

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

Процес може відбуватися в аеробних (компостування) чи анаеробних умовах. Під час аеробного оброблення утворюється ґрунтоподібний матеріал (компост), під час анаеробного – відбувається виділення біогазу.

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

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

Цей процес умовно можна поділити на три основні стадії:

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

Продукти метаболізму кожної стадії є субстратом для наступної стадії.

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

Компостування може проводитись шляхом польового компостування (з природною аерацією) та у біобарабанах та камерах за умов контрольованого внутрішнього середовища, механічного перемішування та аерації (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Система компостування органічних відходів

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

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

друга – отримання компосту, за якого зниження ваги органічної речовини складає 20 % ваги.

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

У штабелях весняно-літньої закладки в результаті перебігу аеробних процесів упродовж перших 15–20 днів відбувається саморозігрів штабеля до 60–70 °С; потім упродовж 2–4 місяців температура тримається на рівні 40–45 °С, а надалі знижується до 30–35 °С. Через 10 місяців «горіння» температура встановлюється на рівні 14–18 °С і тримається до наступної весни.

Кожній з цих фаз властиві свої угруповання мікроорганізмів. У процесі початкового розкладання беруть участь *мезофільні мікроорганізми*, які розкладають швидкорозчинні компоненти. Тепло, яке вони виробляють під час цього процесу, змушує компост сильно нагріватися.

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

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

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

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

Тривалість компостування ТПВ у штабелях – від 12 до 18 місяців. За регулярного перелопачування і зволоженні штабелів термін може бути істотно зменшений.

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

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

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

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

Для централізованого компостування ТПВ у валках вибирають рівну ділянку території, яка не затоплюється талими та дощовими водами, а максимальний рівень ґрунтових вод розміщується на глибині не менше 1 м від поверхні, на якій розміщуються відходи. Під час вибору ділянки необхідно

виключити можливість надходження поверхневого стоку з прилеглих територій. За необхідності влаштовують спеціальні водовідвідні канали.

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

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

Після влаштування штабелів через 3–5 діб в результаті життєдіяльності бактерій, які харчуються органічними залишками, і виділенням тепла, температура компостної маси зростає до 60–70 °С і підтримується на такому рівні 15–20 діб. Далі температура знижується до 40–45 °С і підтримується на такому рівні ще упродовж 60–120 діб. В подальшому температура падає до 30–35 °С і може зберігатися на такому рівні упродовж 10 місяців, знижуючись в кінці процесу компостування до 14–18 °С. Загальна тривалість процесу компостування сягає близько 1,5 року.

Для попередження виносу шматків паперу, картону та пластиків на прилеглі території, поля компостування відділяють від сільськогосподарських угідь двома вітрозахисними лісополосами. Основними лімітуючими факторами компостування є чисельність мікробної популяції та умови в навколишньому середовищі. Загальний термін компостування може бути суттєво знижений шляхом подрібнення ТПВ, попереднього їх поділу на фракції, що піддаються компостуванню, та баласт, перелопачування та зволоження або додаванням

сирого каналізаційного осаду. В окремих випадках до компосту додають азотовмісні речовини. Значно прискорити процес компостування дозволяє зрошування відходів спеціально вирошченими штамми мікроорганізмів.

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

Сьогодні цей метод під назвою «біотермічне компостування» набув найбільшого поширення. Більшість сміттєпереробних заводів цієї галузі, особливо на території країн СНД, застосовують саме такий метод. Застосовується біотермічне компостування у Франції, Італії, Німеччині та інших країнах. Однак у зв'язку із зниженням вмісту харчових відходів та збільшенням вмісту баластних фракцій у ТПВ, останнім часом в цій галузі спостерігаються деякі труднощі. Сучасний склад ТПВ вимагає як попереднього відбору цінних фракцій до компостування, так і відбору баластних фракцій після компостування відходів, що суттєво ускладнює технологію та підвищує витрати на утилізацію відходів. Однією з умов успішного використання біотермічного компостування для утилізації ТПВ є наявність постійних споживачів компосту. Найчастіше компост застосовують для озеленення у містах або в якості біопалива для парників.

Досконаліша технологія польового компостування здійснюється на спеціальних секційних майданчиках із водонепроникною основою (бетонні плити), обладнаних грейферним краном, що здійснює створення і перелопачування штабелів. На майданчиках є дробильно-сортувальне

відділення, обладнане приймальним бункером з пластинчатим живильником, магнітним сепаратором для відбору металолому, системою стрічкових транспортерів, циліндровим гуркотом, дробаркою для компосту. Для аерації ТПВ в штабелях прокладають перфоровані повітроводи, з'єднані з вентилятором. Майданчики містять також систему поливу і пожежогасіння. Для ліквідації великого відсіву баластних фракцій майданчики можуть містити сміттєспалювальні або піролізні установки невеликої продуктивності; за їх відсутності баласт вивозиться на полігон. Для невеликих міст (до 200 тис. жителів) такі майданчики компостування є реальною альтернативою полігонам ТПВ.

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

За кордоном є немалий досвід із переробки ТПВ у компости. Доведено позитивний вплив багаторічного внесення компостів із ТПВ на властивості ґрунту, на накопичення органічних речовин і водостійких структурних агрегатів, на поліпшення інших агрохімічних і біологічних властивостей. Застосовуються компости і в якості добрива з метою покращення мінерального живлення рослин для прискорення росту сільськогосподарських культур та декоративних деревних порід. Недоліками компостування органічної складової ТПВ є значний проміжок часу, який потрібний для отримання компосту з відходів (від кількох місяців до року), трудомісткість і багатоопераційність процесу, наявність виробничих площ для розміщення компостних штабелів та забруднення середовища. У населених пунктах України на промисловому рівні не впроваджене компостування органічних побутових відходів. Компостуванням займаються самостійно жителі на території приватних будинків.

Тема 4 Видалення відходів

Видалення відходів – здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації [1], або, відповідно до нового Закону України «Про управління відходами», який набирає чинності у липні 2023 року – операція, що не є відновленням відходів, навіть якщо одним із наслідків такої операції є використання речовин або енергії.

Захоронення відходів – остаточне розміщення відходів під час їх видалення у спеціально відведених місцях чи на об'єктах так, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

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

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

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

На полігони побутових відходів дозволяється приймати ПВ (окрім рідких відходів та небезпечних відходів у складі побутових відходів) з житлових будинків, адміністративних і громадських установ та організацій, підприємств торгівлі та громадського харчування, закладів культури і мистецтва, навчальних та лікувально-профілактичних закладів та інших підприємств,

установ і організацій незалежно від форм власності, вуличне та садово-паркове сміття та листя, а також подрібнені будівельні відходи і промислові відходи III та IV класів небезпеки відповідно до санітарних правил та норм, шлак і золу від сміттєспалювальних заводів.

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

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

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

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

Прізд транспортних засобів через контрольно-дезінфікуючу зону (далі – дезбар'єр) є обов'язковим за температури повітря понад +5 °С. За температури повітря понад +25 °С ділянки ущільнення відходів необхідно поливати водою з розрахунку 10 л на 1 м³ побутових відходів або розчином із дезбар'єру.

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

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

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

Термін служби полігона має бути не менше 15–20 років. Розміщувати полігони необхідно з урахуванням вимог санітарних норм, з віддаленням від найближчої житлової забудови на відстань не менше 500 м (С33). До полігона має бути підведена дорога з твердим покриттям. Вздовж усього периметра майданчика, відведеного для полігона, має бути облаштована захисна лісосмуга завширшки не менше 20 м. Рівень ґрунтових вод під дном полігона має знаходитися на глибині більше 2 м. На майданчику полігона не можуть знаходитися виходи водних джерел. Категорично забороняється використовувати під полігони акваторії річок, озер, стариць і боліт.

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

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

Фільтрат – рідка фаза, що утворюється на полігоні під час захоронення ТПВ з вологістю більше 55 % та внаслідок атмосферних опадів, обсяг яких перевищує кількість вологи, що випаровується з поверхні полігона. Основні джерела утворення фільтрату полігона ТПВ представлені на рисунку 1.2.

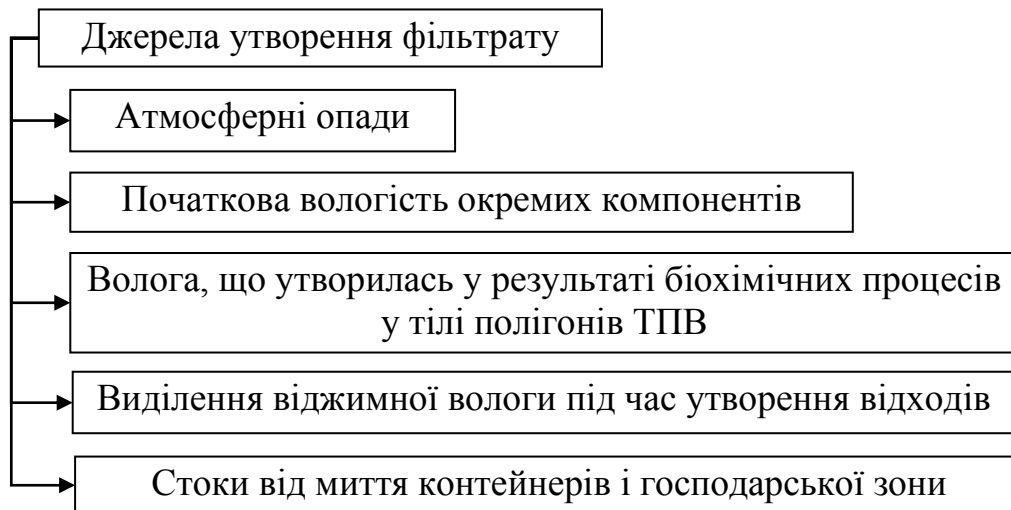


Рисунок 1.2 – Основні джерела утворення фільтрату полігона ТПВ

Фільтрат містить численні компоненти розпаду органічних і мінеральних речовин, сполуки важких металів і низки інших токсичних речовин, які практично на жодному зі сміттєзвалищ не знешкоджуються, а інфільтруються в ґрунт і потрапляють у ґрунтові води, а звідти забруднення прямує до водного об'єкту, прилеглої до полігону ТПВ території та, як наслідок, є фактором екологічної небезпеки та еколого-гігієнічного ризику. Найбільш схильні до впливу фільтрату підземні води. Швидкість міграції фільтрату в зону аерації визначається особливостями геологічної будови полігона й часом функціонування об'єкта видалення відходів.

Утворення газів у тілі місць накопичення відходів є великою екологічною проблемою.

Біогаз – суміш газів, що утворюється у разі анаеробного розкладання органічної складової ТПВ. Приблизний склад біогазу: метан 40–60 %, діоксид вуглецю 30–45 %, азот, сірководень, кисень, водень та інші гази 5–10 %. Теплотворна здатність біогазу 18–25 МДж/м³. Накопичення газу в тілі звалища часто викликає самозагоряння ТПВ.

Газ у тілі полігона може загорятися, це може призвести до виділення продуктів згоряння в атмосферу. Значно зменшити ймовірність загоряння

можна, якщо спроектувати та експлуатувати систему збору біогазу. Пожежам на полігонах найкраще запобігати за допомогою засипання поверхні полігона землею для ущільнення ТПВ і усунення доступу кисню в товщу відходів.

Загальний вид полігона представлений на рисунку 1.3.

Як видно з рисунку 1.3, для збору і відведення фільтрату з майданчиків складування ТПВ проєктується дренажна система, яка складається з шарового дренажу (галька або щебінь) та дренажних труб. Матеріали, які використовуються для улаштування шарового дренажу і дренажних труб, мають бути хімічно і біологічно стійкими.

Тобто, захист від забруднення ґрунтів і ґрунтових вод здійснюється шляхом установки спеціального протифільтраційного екрану, укладеного по всьому днищу і бортам полігона, системи перехоплення, відведення і очищення фільтрату, а також системи наглядових свердловин для контролю якості ґрунтових вод.

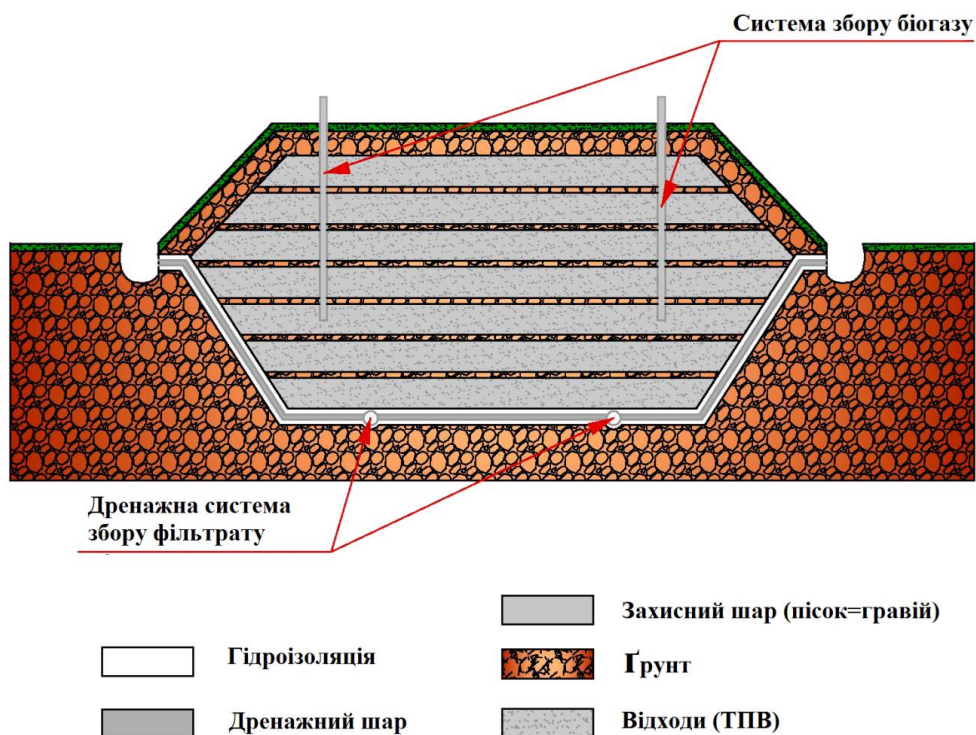


Рисунок 1.3 – Загальний вид полігона ТПВ

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

Ділянку складування розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення приймання відходів на кожній черзі протягом 3–5 років. Складування відходів на першій, другій і, якщо дозволяє площа ділянки, на третій черзі ведеться на висоту у 2–3 яруси (висота ярусу приймається рівною 2,0–2,5 м) (рис. 1.4).

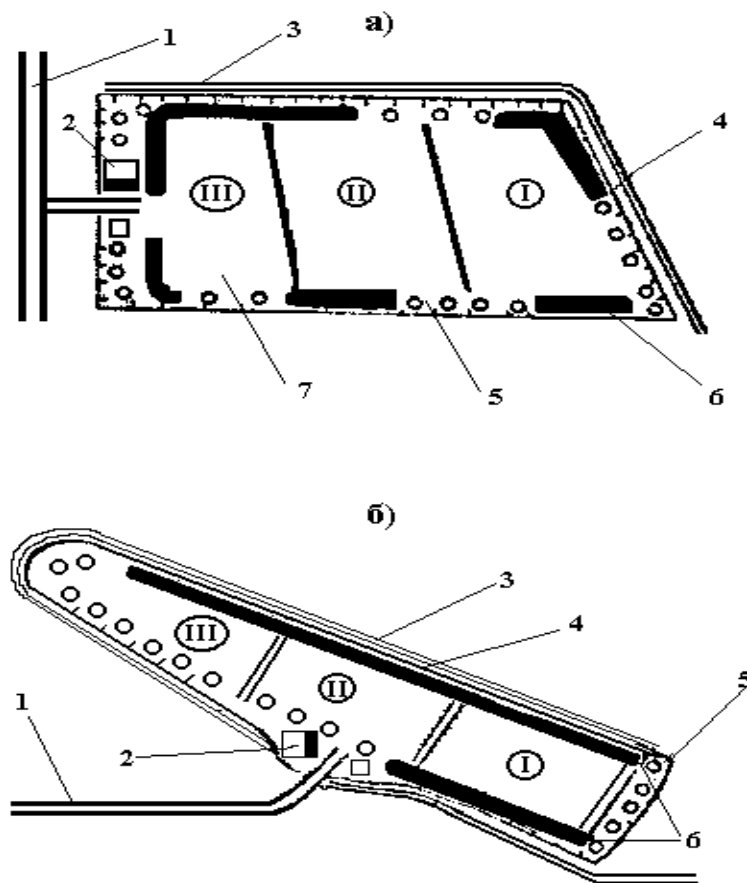


Рисунок 1.4 – Схема розміщення основних споруд полігона ТПВ:
 а – у разі співвідношення довжини і ширини полігона ТПВ менше 1 : 2;
 б – те саме, у разі співвідношення понад 1 : 3; 1 – під’їзна дорога;
 2 – господарська зона; 3 – нагірна канава; 4 – огорожа; 5 – зелена зона; 6 – ґрунт для ізолюючих шарів; 7 – майданчики складування ТПВ; I, II і III – черги експлуатації

Після закриття полігону ТПВ проводиться рекультивація порушених земель.

Рекультивація – комплекс заходів з екологічного й економічного відновлення земель і водних ресурсів, родючість яких в результаті людської діяльності істотно знизилася.

Рекультивація земель проводиться у два етапи: технічний і біологічний.

До технічного етапу рекультивації полігону ТПВ належать такі заходи:

- стабілізація тіла полігону (завезення ґрунту для засипки провалів і тріщин, його планування і створення укосів з необхідним кутом нахилу тощо);
- спорудження системи дегазації для збору звалищного газу;
- створення системи збору та видалення фільтрату і поверхневого стоку;
- створення багатофункціонального рекультиваційного захисного екрану.

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

- для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема в рільництві – не більше 2–3°;
- для луків і пасовищ – не більше 5–7°;
- для садів – не більше 11°;
- для посадки лісу (чагарників і дерев) – не більше 18°.

Біологічний етап рекультивації містить заходи щодо відновлення території закритих полігонів для їх подальшого цільового використання в народному господарстві. До нього належить комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів, спрямованих на відновлення порушених земель. Біологічний етап здійснюється відразу після технічного етапу рекультивації.

До цього етапу рекультивації полігону ТПВ належать такі заходи:

- підготовка ґрунту;
- підбір посадкового матеріалу;
- посів рослин.

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

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

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

Тема 5 Шляхи зменшення кількості відходів. Безвідходні технології

Сьогодні принцип безвідходного виробництва (з англ. «zero waste») є не лише світовим трендом, а й ефективним механізмом захисту та збереження навколишнього середовища, а також повнішого використання ресурсного потенціалу підприємств. Головна ідея безвідходного виробництва – це перетворення сировини, що надійшла на підприємство, її залишків, а також відходів, отриманих в процесі виробництва, у готову продукцію, здатну приносити дохід [4].

В останні десятиліття стрімко набирає популярності модель циркулярної економіки (з англ. «circular economy»). *Економіка замкненого циклу або циркулярна економіка* – модель економічного розвитку, яка заснована на відновленні та раціональному споживанні ресурсів, альтернатива традиційній, лінійній, економіці. Характеризується створенням нових альтернативних економічних підходів, завданням яких є мінімізація негативного людського впливу на довкілля.

Економіка замкненого циклу покликана змінити класичну лінійну модель виробництва, концентруючись на продуктах і послугах, які мінімізують відходи та інші види забруднень (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Модель лінійної та циркулярної економіки

В основі економіки замкненого циклу лежать принципи: відновлення ресурсів, переробка вторинної сировини і перехід до відновлюваних джерел енергії (енергія сонця, вітру, води).

Циркулярна економіка заснована на принципах сталого розвитку й її основними інструментами мають стати екологічні інновації та «зелені технології». Тобто на першому місці має бути якісний розвиток, а не кількісне зростання.

Основні принципи економіки замкненого циклу засновані на відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини, переході від викопного палива до використання відновлюваних джерел енергії. Циркулярна економіка має на меті продовження термінів використання продуктів, обладнання та інфраструктури, у такий спосіб покращуючи продуктивність цих ресурсів. Відходи матеріалів та енергії мають стати сировиною для інших процесів: або компонентом, або відновленим ресурсом для іншого промислового процесу, або ж як відновлювальні ресурси для природи (наприклад, компост).

Такий циркулярний підхід є набагато кращою альтернативою традиційній «лінійній економіці», яка базується на примітивному принципі «бери, використовуй, викидай» (рис. 1.5).

Модель ґрунтується на таких основних принципах 3R: Reduce – використання відновлюваних матеріалів замість природних ресурсів; Reuse – максимальна ефективність повторного використання продуктів; Recycle – відновлення та перероблення відходів для подальшого повторного використання [4] (рис. 1.6).

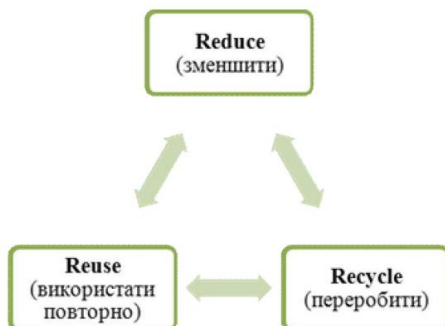


Рисунок 1.6 – Ключові принципи циркулярної економіки (модель 3R)

Потрібно зазначити, що у 2018 році Всесвітнім економічним форумом було значно розширено принципи економіки замкненого циклу і зараз ми маємо не 3R, а цілих 10R (рис. 1.7).

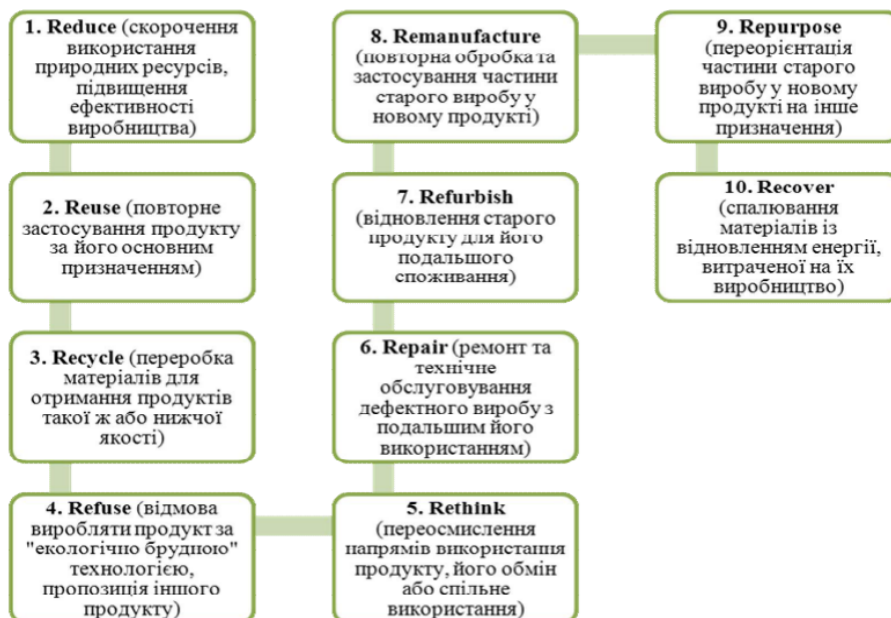


Рисунок 1.7 – Основні принципи економіки замкненого циклу (модель 10R)

Концепція «нульових відходів» (з англ. «zero waste») визначається Міжнародним альянсом «ZeroWaste» як «принцип збереження всіх ресурсів шляхом відповідального виробництва, споживання, повторного використання й відновлення продуктів, упакування та матеріалів без спалювання і скидів на землю, воду чи повітря, що загрожують навколишньому середовищу чи здоров'ю людей» [5]. Нульові відходи – це відновлення екосистем та розроблення способів їх процвітання.

Як вважає Дж. М. Саймон, виконавчий директор Zero Waste Europe, бачення нульових відходів необхідно застосовувати до більшості сучасних суспільних викликів – чи то клімат, бізнес, міста чи наш власний спосіб життя [5].

Глобально в адаптуванні принципів зменшення відходів та циркулярної економіки лідирує ЄС. ЄС переконаний, що відходи – це лише симптом набагато глибшого нездужання, яке вражає нас, людей, а от нульові відходи – філософія, метою якої є повне усунення причин марнотратства. Перший пріоритет, який ЄС застосовує у законодавстві та на практиці, — це запобігання утворенню відходів, на останньому місці — захоронення відходів. Європейська програма нульових відходів – це пошук шляхів забезпечити повноцінне життя як для людей, так і для планети, тобто – безпрограшний результат. Підприємства Європи з нульовими відходами дотримуються низки керівних принципів [5]: сировину слід, коли можливо, отримувати з вторсировини, а не з нової екстракції, будь-яке нове вилучення має бути виправданим лише тоді, коли воно надходить із джерела регенерації; лінійну систему виробництва необхідно змінити на кругову систему, в якій потенціал вторинної переробки може бути максимізований; слід переформувати виробничі процеси, щоб уникнути утворення відходів у середині та поза підприємством; витрати енергії та утворення відходів від продуктів / машин мають бути внесені до розрахунків оптимізації; застосування екодизайну та інтеграція цього підходу до політики щодо продуктів; зміна фокусу з продуктивності праці на продуктивність ресурсів.

Яскравим прикладом безвідходного виробництва є швейцарська компанія «Nestle SA», яка скорочує обсяги відходів у всіх сферах бізнесу. Тут важливе та вирішальне значення має пошук шляхів використання побічних продуктів. Компанія у всьому світу працює з місцевими свинофермами, щоб надати шоколадним відходам нового призначення – як джерела енергії. Відпрацьований, використаний шоколад з'єднують із органічними відходами сільськогосподарського виробництва, а потім додають в анаеробний зріджувач і залишають на три тижні для розкладання. В результаті відбувається утворення газу метану та стічних вод, багатих на поживні речовини. Метан забезпечує енергопостачання свиноферм, а стічні води з поживними речовинами використовують для зрошення місцевих пасовищ [6]. Ще одним прикладом є нідерландсько-британська компанія Unilever, яка очолює список найкращих фірм з нульовими відходами. Unilever досягла своєї мети – «нульових відходів на звалищах» у 2016 році на шість років раніше від передбаченого терміну і з того часу підтримує цю концепцію. Зробити це на підприємстві з 242-ма фабриками в 67-ми країнах, які виробляють широкий асортимент продукції, вимагало багато інновацій. Деякі з їх унікальних зусиль включають перетворення чайних відходів у барвники для текстилю та повторне використання осаду для годування дощових черв'яків. На думку «Unilever», впровадження екологічно чистих ініціатив створило численні робочі місця та допомогло компанії зекономити понад 225 млн дол., однак вона не планує зупинитися на досягнутому і пообіцяла до 2025 року використовувати лише 100 % переробне, багаторазове або компостувальне упакування [7].

Україна, підписавши у 2014 році Угоду про асоціацію з ЄС, здійснила європейський вибір, зокрема й у сфері управління відходами. Завдяки тісній співпраці України та ЄС наша країна поступово переймає його досвід щодо «нульових відходів», «безвідходного виробництва», а також і «циркулярної економіки». Безвідходна технологія – це метод виробництва продукції, який характеризується найраціональнішим і найкомплекснішим використанням, а саме: «сировинні ресурси – виробництво – споживання – вторинні ресурси».

Таке формулювання не потрібно розглядати буквально, і розуміти, що виробничі відходи не мають порушувати нормальне функціонування природних систем. Безвідходне виробництво, як і будь-яка інша система, має свої конкретні особливості та ключові принципи (рис. 1.8, табл. 1.2) [8].



Рисунок 1.8 – Ключові принципи безвідходного виробництва

Усі принципи безвідходного виробництва є важливими та незмінними. Для їх дотримання на підприємствах необхідно вирішувати конкретні задачі, які стосуються економічного, організаційного, психологічного, технічного та технологічного аспектів.

Під час впровадження або ж удосконалення технологічних процесів безвідходного виробництва на підприємстві необхідно дотримуватись низки загальних вимог [8]: формування виробничих процесів із мінімальною кількістю технологічних стадій, адже на кожній утворюються відходи, внаслідок чого втрачається сировина; впровадження безперервних процесів, які дозволяють максимально використовувати сировину та енергію; збільшення одиничної потужності агрегатів; збільшення інтенсивності виробничих процесів, а також їх оптимізація й автоматизація; створення енерготехнологічних процесів.

Таблиця 1.2 – Сутність принципів безвідходного виробництва

№ з/п	Принципи	Сутність принципів
1	Принцип системності	Покладено в основу створення безвідходних виробництв та враховує взаємозв'язки й взаємозалежності виробничих, соціальних і природних процесів, де кожен окремий процес виробництва розглядається як елемент динамічної системи всього виробництва, а також на вищому рівні як елемент еколого-економічної системи загалом, який містить як матеріальне виробництво, так і іншу господарсько-економічну діяльність людини, природне середовище, а також людину і середовище її існування
2	Принцип комплексності використання ресурсів	Передбачає максимальне використання всіх компонентів сировини і потенціалу енергоресурсів, враховуючи, що практично вся сировина – комплексна, і в середньому більше ніж третину її обсягу становлять супутні елементи, що їх можна вилучити винятково в разі комплексної переробки
3	Принцип циклічності матеріальних потоків	Є одним із загальних, до якого можна зарахувати замкнуті водо- і газозворотні цикли. Рівень циклічності є характеристикою рівня безвідходності виробництва. Ефективним способом формування циклів є комбінування та кооперація виробництв для забезпечення повторного використання кінцевої продукції та переробки відходів
4	Принцип обмеження впливу на навколишнє середовище	Реалізація принципу можлива лише за наявності ефективного екологічного моніторингу, дієвих механізмів екологічної політики, досягнень НТП тощо. Рівень мінімізації впливу на реципієнтів навколишнього середовища є водночас і характеристикою наближення технології до світових стандартів якості виробництва, що сприяє поширенню технології та кінцевих продуктів на ринки розвинутих держав
5	Принцип раціональної організації виробництва	Характеризується розумним використанням усіх компонентів сировини, максимальним зменшенням енерго-, матеріало- і трудомісткості виробництва та пошуком нових екологічно обґрунтованих сировинних і енергетичних технологій, з чим багато в чому пов'язане зниження негативного впливу на навколишнє середовище і нанесення йому збитку, враховуючи суміжні галузі народного господарства. Кінцевою метою є оптимізація виробництва одночасно за енерго-технологічним, економічним і екологічним параметрами. Єдиним способом досягнення цієї мети є розроблення нових і удосконалення наявних технологічних процесів і виробництв

Компанія Microsoft заявила, що до 2030 року перейде на безвідходне виробництво. Генеральний менеджер Microsoft з енергетики та екологічної стабільності Бр. Янус стверджує, що компанія прагне збільшити здатність пристроїв до повторного ремонту і збалансувати це з іншими аспектами виробництва, такими як безпека, довговічність та надійність [7]. Задля цього компанія має на меті створити відповідні спеціальні «центри циркуляції» і за рахунок власних сил переробляти відходи. Завдяки сучасним технологіям та стрімкому науково-технічному прогресу виробництва розвиваються щодня і загалом легко адаптуються до змін чи оновлень, саме тому компанії, зокрема й вітчизняні, здатні призупинити безвідповідальне виробництво. Очолити таку

кампанію повинна держава, якій доцільно розробити і реалізувати державну програму безвідходного виробництва та переробки відходів в Україні. Яскравим прикладом вітчизняних компаній, які перейняли досвід ЄС у безвідходному виробництві, є група компаній T. V. Fruit, яка запевняє, що повністю залежить від природних ресурсів та стійкості екосистем. T. V. Fruit – одна з перших в Україні запровадила безвідходне, екологічно чисте виробництво. Компанія збирає сировину виключно в екологічно чистих районах і переробляє її на сік прямого віджимання (NFC), а також виготовляє концентрований сік. Під час виробництва соку усі ароматичні речовини, які випаровуються у повітря, конденсують та отримують натуральні ароматизатори, а з макухи, що залишається після віджимання, виготовляють пектин. Фруктові відходи, які не були використані для виробництва пектину, а також дерев'яну щепу використовують як біопаливо для виробничих потужностей, адже компанія не використовує природнього газу з 2007 року, а лише власне біопаливо з відходів. T. V. Fruit повністю використовує усі продукти переробки, внаслідок чого не виникають відходи, які б забруднювали навколишнє середовище. Окрім цього компанія ще веде активну екологічну політику щодо ефективного використання енергетичних ресурсів та індивідуального скорочення відходів [4].

Інший приклад – «ВІВАД 09» – потужне деревопереробне підприємство, яке розташоване в смт Романів у Житомирській області. Виробничий процес компанії передбачає перероблення всієї сировини, зокрема тієї, що могла б вважатися відходами. Відходи від виробництва ламелів та паркету переробляються в тверде паливо – паливні брикети. Це дає змогу зробити виробничий процес компанії повністю безвідходним. Раціональність та аналіз потужностей допомогли компанії вийти на нульовий рівень відходів, за рахунок чого вона не витрачає додаткові кошти на утилізацію, збільшує товарний асортимент, отримує додатковий прибуток [4].

Cradle-to-Cradle (C2C) – автори архітектор Вільям Макдоно (William McDonough) і хімік Майкл Браунгард (Michael Braungart). Сутність –

проектування безперервного кругообігу матеріалів, розробка продуктів, найменш шкідливих для живих істот і навколишнього середовища, розподіл процесу виробництва будь-якого продукту на 2 типи складових: біологічні складові, які можуть легко повернутися в природну екосистему без будь-якої шкоди для води та повітря; технологічні складові – товари, які використовуються, але не до кінця, і які не можуть бути безпечно і природним чином утилізовані, товари тривалого користування, що складаються з металу, пластику і синтетичних речовин, ресурси з них мають повертатися у виробництво без шкоди для якості.

Дотримуючись принципу «Cradle-to-Cradle» під час створення і реалізації продукції, виробник робить якісний товар і не залишає екологічного сліду. Це забезпечує перехід до економіки повторного використання. Дизайнери і виробники, що надають перевагу принципу «Cradle-to-Cradle», мають дотримуватися п'яти критеріїв продукції:

1. Нешкідливість матеріалів. Необхідно підтвердити потенційну нешкідливість матеріалів для навколишнього середовища і здоров'я людей. Всі хімічні компоненти продукції мають отримати оцінку «Оптимальний рівень відповідності» – зелений або «Прийнятний рівень відповідності» – жовтий. Будь-які інгредієнти, які отримують оцінку «червоний» (високий ризик) або «сірий» (не підлягає визначенню), мають відбракуватися і замінюватися.

2. Повторне використання матеріалів. Виробник має чітко знати і розуміти з яких матеріалів виготовляється його продукт. Складається список речовин, які були використані під час створення товару, і їх поділяють на дві групи в залежності від природи походження: органічні та технічні. З огляду на те, до якої групи належить компонент, він бере участь у відповідному циклі. Органічна речовина у разі утилізації товару повертається в природне середовище, а синтетичний інгредієнт бере участь в технічному циклі і використовується для виготовлення нової продукції.

3. Використання відновлюваних джерел енергії. Під час створення продукції варто враховувати можливість того, що сьгоднішні технології

дозволяють задіяти використання поновлюваних джерел енергії в виробничі системи, що проєктуються.

4. Розумне витрачання води. Важливим є усвідомлення того, що чиста вода – це дорогоцінний природний ресурс, і кожна людина має суттєве право на її споживання, тому компанії, що працюють за принципом С2С, мають відповідально і раціонально витратити водні ресурси, і скидати стічні води тільки після необхідного очищення.

5. Соціальна відповідальність. Дизайнери і виробники мають довести, що вони здійснюють свою діяльність, поважаючи права і інтереси всіх людей, які були задіяні у виробництві, використанні, утилізації та переробці продукції.

Контрольні запитання до модуля 1

1. Що таке тверді побутові відходи?
2. Охарактеризуйте планово-подвірну систему збирання ТПВ.
3. Охарактеризуйте планово-поквартирну систему збирання ТПВ.
4. Назвіть вимоги до облаштування контейнерних майданчиків.
5. Охарактеризуйте роздільне збирання побутових відходів.
6. Охарактеризуйте відходи як вторинну сировину.
7. Назвіть етапи впровадження роздільного збирання.
8. Назвіть технологічні схеми роздільного збирання.
9. Що таке вигрібна яма?
10. Особливості перевезення відходів.
11. Призначення сміттєперевантажувальних станцій.
12. Мета перероблення відходів.
13. Що таке рециклінг?
14. Особливості сортування твердих побутових відходів.
15. Небезпечні відходи у складі ТПВ.
16. Опишіть метод компостування органічних відходів. Які умови потрібні для перебігу цього процесу? Стадії компостування.

17. Опишіть метод зброджування органічних відходів. Які умови потрібні для перебігу цього процесу? Як можна використовувати біогаз?
18. Призначення полігонів ТПВ.
19. Облаштування полігонів ТПВ.
20. Що таке черги експлуатації полігона?
21. Система збирання та утилізації біогазу полігонів ТПВ.
22. Система збирання та знезараження фільтрату полігонів ТПВ.
23. Назвіть два етапи рекультивації земель після закриття полігона ТПВ.
24. Охарактеризуйте принцип безвідходного виробництва «zero waste».
25. Назвіть ключові принципи безвідходного виробництва.
26. Охарактеризуйте сутність принципів безвідходного виробництва.
27. Охарактеризуйте концепцію Cradle to Cradle (C2C).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

Тема 6 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами

Промислові відходи – це побічні продукти, що отримані на всіх технологічних етапах виробництва основного продукту та не використовуються як вторинна сировина на підприємстві.

Промислові відходи одного виробництва, які є сировиною для іншого виробництва, називаються *утилізованими*, а відходи, для яких відсутні технічні рішення щодо їх використання як вторинної сировини, називаються *неутилізованими*.

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*: I клас – речовини (відходи) надзвичайно небезпечні; II клас – речовини (відходи) високо небезпечні; III клас – речовини (відходи) помірно небезпечні; IV клас – речовини (відходи) мало небезпечні.

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.

Кожне промислове підприємство має розробити інструкцію та план заходів щодо збирання і тимчасового розміщення (зберігання) промислових відходів на промислових майданчиках відповідно I, II та III класів небезпеки [9]. 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 має бути складений 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 сельбищної території визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- для відходів гірничодобувної промисловості, золошлакових сумішей металургійних підприємств і об'єктів енергетики санітарно-захисна зона устанавлюється розрахунковим методом, але не менше 300 м, для відходів хімічних підприємств – 3 000 м (Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів від 19.06.96 № 173);

- відходи I класу небезпеки зберігають у герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталюю кришкою, за необхідності заварюють електрогазозварюванням;

- відходи II класу небезпеки зберігають, відповідно 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 під час освоєння територій;

- відходи в рідкому і газоподібному стані, що зберігаються в герметичній тарі, а також токсичні відходи очисних споруд необхідно видаляти з території підприємства упродовж 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 упродовж двох діб;

- у випадку тимчасового зберігання відходів у стаціонарних складах або промислових приміщеннях мають бути забезпечені вимоги ГОСТ 12.1.005-88 до повітря робочої зони.

За тимчасового зберігання відходів на майданчиках на території підприємства у відкритому вигляді (навалом, насипом) або в негерметичній, відкритій тарі мають бути забезпечені такі умови:

- у повітрі промислового майданчика на висоті до 2,0 м від поверхні землі концентрація шкідливих речовин не має перевищувати 30 % граничнодопустимої концентрації (ГДК);

- концентрація шкідливих речовин у ґрунті санітарно-захисної зони не має перевищувати допустимих рівнів, а в ґрунтових та поверхневих водах ГДК;

- промисловий майданчик для тимчасового зберігання відходів має розташовуватися на території підприємства з підвітряного боку, бути покритий неруйнівним та непроникним для токсичних речовин матеріалом (керамзитбетоном, полімербетоном тощо) з автономним зливовідводом і нахилом у бік очисних споруд. Водночас попадання поверхневого стоку з майданчиків у загальний зливовідвід має бути виключений за рахунок обвалування і інших заходів. Для зазначеного поверхневого стоку необхідні спеціальні очисні споруди, що забезпечуватимуть уловлювання токсичних

речовин, очищення та їх знешкодження. Має бути передбачений ефективний захист відходів від дії атмосферних опадів та вітру;

– у місцях зберігання промислових відходів мають 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 має 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 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, має бути розроблено, погоджено з місцевими органами самоврядування, державною санітарно-епідеміологічною службою та екологічною безпекою і затверджено інструкції з видалення та способу знешкодження токсичних промислових відходів. Накопичення і зберігання відходів на промислових майданчиках підприємства допускається у таких випадках:

– за умови використання відходів у наступному технологічному циклі з метою їх утилізації;

– за умови тимчасової відсутності полігонів для захоронення або 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 можуть вивозитися на полігони.

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

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

Для охорони навколишнього середовища від забруднення промисловими відходами необхідно впроваджувати апробовані на практиці методи їх знешкодження: методи спільного оброблення частини промислових відходів з побутовими на заводах біотермічного компостування; методи термічного оброблення та заводського спалювання спільно з побутовим сміттям; методи складування частини промислових відходів на полігоні побутових відходів і тільки знешкодження токсичних промислових відходів (I – II класу) має відбуватися на спеціальних інженерних спорудах – полігонах захоронення токсичних промислових відходів.

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

На усі небезпечні відходи, що вивозяться на місце захоронення (полігон, шламонакопичувач тощо), мають бути екологічні паспорти з хімічною характеристикою їх складу, з інструкцією щодо техніки безпеки під час поводження з ними і рекомендаціями щодо проведення першої допомоги у разі

гострого отруєння. Паспорт, підписаний відповідальними особами підприємства, видається на кожен вид відходів і на кожен рейс транспорту.

На полігоні тверді промислові відходи III та IV класів небезпеки складаються на спеціальній карті пошарово: кожен шар розрівнюється і ущільнюється.

Промислові відходи III та IV класів небезпеки можуть вивозитися з дозволу місцевих органів санітарно-епідеміологічної і екологічної служб та пожежної інспекції на полігони ТПВ. Тверді відходи IV класу небезпеки використовують на полігоні ТПВ 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.

Захоронення твердих та пиловидних відходів II та III класів небезпеки, токсичні інгредієнти яких не розчиняються у воді, можна здійснювати на полігонах промислових відходів – у котлованах. Відсіпку відходів у котловани необхідно проводити з пошаровим ущільненням

Захоронення пиловидних відходів слід проводити в котлованах з урахуванням заходів, що гарантують виключення рознесення цих відходів вітром. Після кожного завантаження в котлован пиловидних відходів вони мають ізолюватися шаром ґрунту товщиною не менше 20 см.

Тверді і пастоподібні відходи II і III класів небезпеки, що містять токсичні розчинні у воді речовини, підлягають похованню в котлованах з ізоляцією дна і бічних стінок ущільненим шаром глини товщиною 1 м і захисним екраном з поліетиленової плівки.

Засипку котлованів рекомендується проводити за принципом «від себе». Водночас засипана ділянка котловану має відразу покриватися ущільнюючим шаром ґрунту, яким буде проводитися підвіз відходів для заповнення решти частини котловану.

Під час захоронення відходів першого класу небезпеки, які мають слабозчинні токсичні речовини, мають бути вжиті додаткові заходи, спрямовані на запобігання їхній міграції в ґрунтові та підземні води.

Захоронення водорозчинних відходів першого класу небезпеки слід проводити в котлованах у сталевих контейнерах або балонах з товщиною стінки не менше 10 мм з подвійним контролем на герметичність до і після їх заповнення, які розміщують в бетонному коробі.

Заповнені відходами котловани ізолюють ущільненим шаром ґрунту товщиною 2 метри, після чого покривають водонепроникним покриттям з гудрону, швидкотверднучих смол, цементогудронів.

Рідкі відходи I – III класів небезпеки, перед вивезенням на полігон слід зневодити до пастоподібної консистенції на самому підприємстві. Поховання відходів у рідкому стані забороняється.

Відходи, які горять, слід спалювати в печі, режим роботи якої має забезпечити оптимальні умови спалювання відходів за температури 1000 – 1200 °С. Щоб виключити забруднення атмосферного повітря, необхідно спорудити установки газо- та пилоочищення.

Забороняється приймати на полігон такі промислові відходи: для яких розроблені ефективні методи вилучення важких металів та інших речовин; радіоактивні відходи; нафтопродукти, що підлягають регенерації.

Місця для полігонів захоронення промислових відходів визначають органи місцевого самоврядування з урахуванням вимог земельного, природоохоронного та санітарного законодавства і розташовують на окремих, вільних від забудови, добре провітрюваних територіях, які не затоплюються зливовими, талими та паводковими водами, які допускають виконання інженерних рішень, що виключають можливе забруднення зон розташування населених пунктів і масового відпочинку, господарчого водозабезпечення, мінеральних джерел, відкритих водоймищ і підземних вод.

На полігонах захоронення промислових відходів мають забезпечуватись: ізоляція токсичних речовин, що містяться в цих відходах, та захист від забруднення ними навколишнього середовища як в районах розміщення цих об'єктів, так і за межами їх санітарно-захисної зони.

Полігони слід розміщувати: з підвітряної сторони від населених пунктів з урахуванням вітрів переважаючого напрямку; нижче місць водозаборів господарчо-питного водозабезпечення за течією річок; нижче і за межами зон водозабору відкритих водоймищ, зимувальних ям, місць масового нересту і нагулу риби.

Розмір санітарно-захисної зони полігона із захоронення токсичних промислових відходів до населених пунктів і відкритих водойм, а також до об'єктів, які використовуються в культурно-оздоровчих цілях, має бути не меншим 3 000 м, від сільськогосподарських угідь та транзитних доріг – не меншим 200 м, від лісових масивів, лісосмуг, які не призначені для рекреаційної цілі, – не меншим 50 м.

Розмір ділянки захоронення токсичних промислових відходів встановлюється виходячи із строку накопичення відходів упродовж 20 – 25 років.

Полігон слід розміщувати на ділянках, де підземні води залягають на глибині більше 20 м і перекриті слабопроникними породами з коефіцієнтом фільтрації не більше 10^{-6} м/добу. Основа дна полігона має розміщуватися не менше ніж 4 м від найвищого основного стояння рівня підземних вод. Дно і стінки полігона мають бути гідроізольованими.

Нахил території полігона в напрямку населених міст, промислових підприємств, сільськогосподарських угідь і водотоків не має перевищувати 1,5 %.

Забороняється розміщувати полігони на резервних територіях житлового будівництва, розширеннях промислових підприємств, рекреаційних зон, у долинах річок, балках, на ділянках з ґрунтами, що просідають, у місцях розвитку карстових процесів, на території залягання корисних копалин, у зоні живлення підземних джерел питної води.

Під час проектування полігона необхідно скласти «паспорт полігона», у якому відобразити хімічний склад ґрунту, ґрунтових вод і атмосферного

повітря в районі розміщення полігона, а також фізико-хімічний склад відходів, які підлягають захороненню.

У процесі експлуатації полігона необхідно проводити систематичний поточний державний санітарний нагляд за благоустроєм та дотриманням правил його експлуатації. Лабораторна служба полігона має проводити систематичний, а санепідемслужба – періодичний контроль (не рідше ніж 2 рази на рік) за вмістом токсичних інгредієнтів в об'єктах навколишнього середовища: ґрунтових водах та водах водоймищ, ґрунті, рослинах, а також атмосферному повітрі.

Після закінчення експлуатації полігона періодичний санітарний нагляд за об'єктами навколишнього середовища навколо полігона має продовжуватися з відбором зразків не менше, ніж 1 раз на рік.

Клас небезпеки відходів визначається виробником відходів або за його дорученням. Визначення класу небезпеки промислових відходів варто здійснювати:

- експериментальним шляхом на дослідних тваринах в установах, акредитованих на цей вид діяльності;
- розрахунковим методом, коли установлений фізико-хімічний склад відходів, за LD₅₀ або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

Тема 7 Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) в Україні представлений підприємствами електроенергетики, вугледобувної, паливної та нафтопереробної промисловості.

До електроенергетичного сектору входять теплові, атомні та гідроелектростанції, а також підприємства передачі та розподілу електроенергії (рис. 2.1).

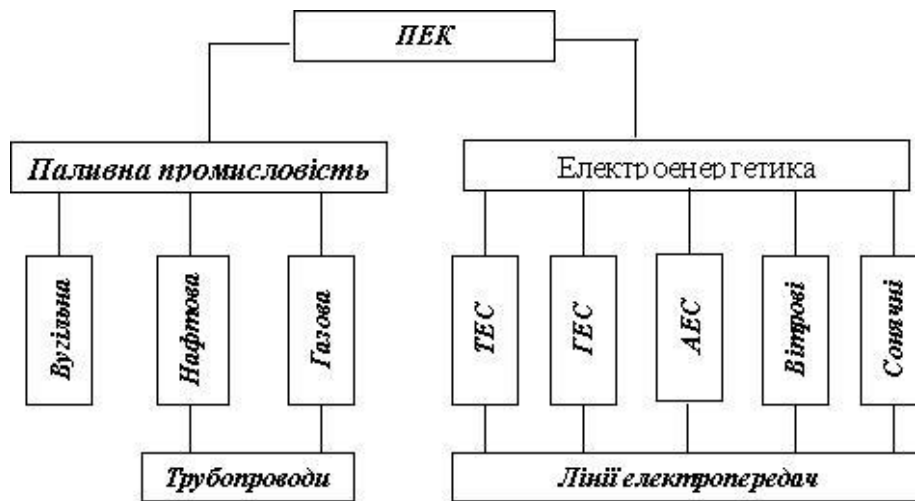


Рисунок 2.1 – Структура ПЕК

ПЕК містить видобування природних видів палива, їхню переробку, транспортування тощо.

ПЕК України зорієнтований на вугілля, нафту, газ і ядерне паливо. Власні паливно-енергетичні ресурси України представлені переважно *кам'яним і бурим вугіллям* Донецького, Львівсько-Волинського та Придніпровського басейнів. Україна володіє потужною енергетичною системою, що складається з теплоелектростанцій і теплоелектроцентралей, мережею атомних станцій і гідроелектростанцій.

Переважна частина вугілля в Україні добувається підземним способом. Відходи утворюються під час видобутку, збагачення і спалювання вугілля.

Відходи видобутку називають розкривними чи шахтними породами в залежності від способу розробки. За підземного способу видобутку витягається менше побічних порід, ніж за відкритого, але і вони складають значні обсяги. Наприклад, на 1 т вугілля за відкритого видобутку утворюється до 3–5 т розкривних порід, за підземного – до 0,2–0,3 т шахтних.

Розкривні і шахтні породи мають неоднорідний хімічний і мінералогічний склад і являють собою осадові породи – глини, суглинки, супіщаники, аргіліти, алевроліти, піщаники, глинисті і піщанисті сланці, вапняки. Більш всього в їхньому складі аргілітів (до 60 %). Крім того, вони

містять у своєму складі вугілля до 20 %, сірку, вміст якої пропорційний вмісту вугілля, у невеликих кількостях кольорові, рідкі метали, сліди радіонуклідів – уран, торій.

Відвал – це насип на земляній поверхні із пустих порід, що одержують під час розробки родовищ корисних копалин, хвостів збагачувальних фабрик (рис. 2.2).

Відвал – гірничо-технічна споруда, яка призначена для тимчасового або постійного розміщення розкривних порід, некондиційної мінеральної сировини.

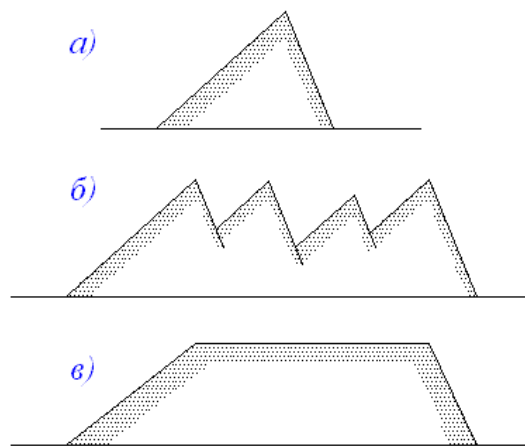


Рисунок 2.2 – Відвали породи (відходів вуглезабагачення):
а – конічний (терикон); б – хребтовий; в – плаский

Відвали займають великі площі земель (рис. 2.3), піддаються водяній і вітровій ерозії, забруднюючи прилеглу територію. Значну шкоду природному середовищу приносить самозаймання териконів. Основною причиною самозаймання є окислювання вугілля, що супроводжується виділенням великої кількості тепла, що акумулюється в порах порід і забезпечує займання горючих матеріалів. В окремих відвалах ці процеси проходять настільки інтенсивно, що відвальні породи розігріваються до високих температур і горять з виділенням значної кількості вуглеводнів, сажі, оксидів азоту, сірки, вуглецю тощо. Тому

навколо відвалів улаштовують захисні зони, що призводить до збільшення площі відчужуваних земель. Основними заходами щодо попередження самозаймання породних відвалів є обмеження притоку кисню і зменшення кількості палих компонентів у породі, що складається.



Рисунок 2.3 – Відвали

З цією метою у деяких країнах проводять додаткове вилучення вугілля за допомогою спеціальних установок. Для зниження притоку кисню відвали ущільнюють. Цього можна досягти шляхом дроблення породи, ущільненням її під час складування за допомогою автотранспорту, ковзанок, вібраторів, затопленням водою, установленням глиняних екранів, обробкою порід суспензіями вапняку, глини. Такі відвали рекомендується влаштовувати плоскими. Породи в них ущільнюють шарами товщиною 1,0–1,5 м, а периметром влаштовують дамби з інертних матеріалів чи перегорілих порід.

Тверді відходи вуглевидобутку використовують як низькосортне паливо (за певного вмісту горючих складових), як компоненти, що підвищують родючість ґрунтів, і як сировину під час виробництва будівельних матеріалів. Однак, через неоднорідність складу, утилізація їх складна і не завжди економічно виправдана.

Перспективним напрямком утилізації порід, що містять вуглецеву складову, є їхня газифікація. Газифікації доцільно піддавати свіжу породу, що

містить 20 % і більше палих речовин. Водночас додатково одержують енергетичне паливо, а зольний залишок можна використовувати для виробництва будівельних матеріалів.

У світовій практиці відходи вуглевидобутку використовують для заповнення вироблених шахтних просторів. Розроблено технології заповнення без підйому породи нагору.

Особливу групу відходів вуглевидобутку являють горілі породи. За основними фізико-хімічними властивостями вони близькі до глин, обпалених при температурі 800–1 000 °С. Вміст палива в природних горілих породах досягає 2–3 %, в відвальних горілих породах його може бути значно більше. Горілі породи можуть широко використовуватися під час виробництва будівельних матеріалів. Вони, як і інші обпалені глинисті матеріали, мають гідравлічну активність і можуть використовуватися як активні мінеральні добавки для безклінкерних вапняно-глинистих і сульфатно-глинистих в'язучих.

Вапняно-глинисті в'язучі одержують спільним тонким помолом горілих порід і вапна з невеликою добавкою гіпсу. Вони містять у своєму складі 10–30 % вапна в залежності від активності горілої породи, до 5 % гіпсу, інше – горіла порода. Вапняно-глинисті в'язучі одержують також спільним помолом гіпсу (50–65 %), горілої породи (15–40 %) і портландцементного клінкера (10–20 %). Такі в'язучі застосовують для виробництва низькомарочних бетонів і розчинів.

Горілі породи застосовують як гідравлічні добавки в кількості до 20 % до портландцементу і 25–40 % до пуццоланового портландцементу.

У бетонах і розчинах горілі породи використовують у якості великих і дрібних заповнювачів. Горілі породи також використовують для виробництва щебеню, пористих заповнювачів (аглопориту і керамзиту), асфальтобетону, для дорожніх основ під покриття, насипів тощо.

Аглопорит – штучний пористий заповнювач, одержаний спіканням глинистих порід чи різних відходів на ґратах агломераційних машин і

наступним дробленням спеченого коржа. Одержують аглопорит у вигляді щебеню.

Керамзит – це штучний пористий заповнювач, отриманий спучуванням і спіканням гранул, сформованих з глин, що спучуються, або різних відходів, в печі, що обертається. Широке використання горілих порід утруднюється їхньою неоднорідністю і вмістом незгорілого палива.

Відходи вуглезбагачення утворюються під час збагачення вугілля для коксування, енергетичних і інших цілей і являють собою суміш осадових порід, часток вугілля й вугільно-мінеральних зростків. До них входять, в різних співвідношеннях, в залежності від району видобутку глини, аргіліти, сланці, алевроліти, піщаники, вапняки, кальцити. Вміст органічної маси може досягати 15 % і більше. Крім того, у відходах містяться сірка, мікроелементи – свинець, цинк, молібден, галій, германій інше.

Відходи збагачення розділяють на породи збагачення крупністю від 200 мм до 0,5 мм, утворені під час гравітаційного збагачення вугілля (переважний вміст фракцій 5–40 мм), і хвости флотації крупністю менше 0,5 мм, що утворюються під час флотаційного збагачення. Породи збагачення складають основну масу відходів (до 90 %). Складають їх у гідровідвали чи механічним способом у відвали, відходи (хвости) флотації – у хвостосховища.

Відходи вуглезбагачення використовують як енергетичну сировину шляхом спалювання чи газифікації, направляють на перезбагачення, одержують сірку і її сполуки; будівельні матеріали, сировину для кольорової і чорної металургії; використовують у сільському господарстві, виробництві феросплавів, під час влаштування насипів, закладання підземних виробок, рекультивації земель.

Перспективним напрямком є застосування відходів вуглезбагачення як вигоряюча добавка до сировини, і як основна сировина для виробництва керамічних виробів (цегли, плитки, черепиці), пористих заповнювачів.

Хвости флотації більш однорідні за складом, містять до 20 % органічної речовини, мікроелементи. Це дає можливість використовувати їх як добрива в сільському господарстві.

Незважаючи на багаторічні дослідження, тривалі експерименти й економічні розрахунки, що підтверджують доцільність утилізації відходів вуглезабагачення, у нашій країні вони використовуються мало.

Золошлакові відходи утворюються під час спалювання твердого палива в топках теплових електростанцій за температури в топковій камері 1 200–1 700 °С. Вихід золошлакових відходів залежить від виду палива і складає в бурих вугіллях 10–15 %, у кам'яних 3–40 %, у палих сланцях 50–80 %, мазуті 0,15–0,20 %. Паливо спалюють у вигляді дрібних шматків чи у пилоподібному стані, відходи утворюються відповідно у вигляді шлаку чи золи. Золю уловлюють за допомогою води в спеціальних бункерах і видаляють у вигляді пульпи гідротранспортом у золовідвали. Шлаки гранулюють шляхом швидкого охолодження водою і видаляють у відвали сухим чи гідравлічним способом. Зола являє собою тонкодисперсний матеріал і складається з часток крупністю 0,1–0,005 мм. Крупність часток шлаку 20–30 мм.

Хімічний склад золошлакових відходів залежить від мінеральної складової палива і коливається в залежності від родовищ вугілля. Вміст основних оксидів у золошлакових відходах: SiO_2 37–63 %, Al_2O_3 9–37 %, Fe_2O_3 4–17 %, CaO 1–32 %, MgO 0,1–5 %, SO_3 0,05–2,5 %. У золі присутнє незгоріле паливо до 6–7 % і більше, у шлаках, як правило, воно відсутнє. У золошлакових відходах також присутні радіонукліди.

При використанні їх для виробництва будівельних матеріалів необхідно здійснювати контроль за їхнім вмістом. При оцінці золошлакових відходів як сировини для будівельних матеріалів важливою характеристикою їхнього хімічного складу є співвідношення основних і кислотних оксидів – модуль основності (2.1):

$$M_0 = (\text{CaO} + \text{MgO}) : (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3). \quad (2.1)$$

У разі $M_0 > 1$ шлаки відносяться до основних, у разі $M_0 < 1$ – до кислих. Більшість золошлаків ТЕС – кислі.

Зола і шлак є крупнотонажними відходами. Наприклад, теплова електростанція потужністю 1 млн кВт за добу спалює близько 10 000 т вугілля, водночас утворюється близько 1 000 т золи і шлаку. Золошлакові відвали займають тисячі гектарів земель, придатних для використання в сільському господарстві. Ними забруднюються ґрунти, поверхневі, підземні води й особливо повітряний басейн. Золошлакові відходи є кошовною вторинною мінеральною сировиною. Зола і шлак мають гідравлічну активність і можуть використовуватися для виробництва безклінкерних в'язучих, як сировинні компоненти для одержання цементного клінкера і як добавки до цементів. З безклінкерних в'язучих найбільш відомий вапняно-зольний цемент, що одержують спільним помолом золи і вапна. Склад вапняно-зольних цементів залежить від вмісту в золі активного оксиду кальцію, оптимальна кількість вапна в цьому цементі складає 10–40 %. Золи і шлаки використовують як добавки під час виробництва портландцементу. Присутність у складі золи незгорілого палива приводить до зниження його витрати під час виробництва цементу. У портландцемент додають до 15 % золошлаку, у пуцолановий – до 25–40 %. Введення золи в цемент знижує його міцність у початковий термін твердіння, а за тривалих термінів твердіння міцність цементів із золою стає більш високою.

Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для легких бетонів. Дрібний заповнювач може бути замінений золою. Як великі заповнювачі застосовують щебінь з паливних шлаків, аглопорит на основі золи, зольний випалювальний і безвипалювальний гравій і глинозольний керамзит.

Паливні шлаки і зола є сировиною для виробництва штучного пористого заповнювача – аглопориту. За звичайної технології його одержують у вигляді щебеню. Розроблені також технології виробництва аглопоритового гравію з золи, глинозольного керамзиту і зольного гравію. Глинозольний керамзит

одержують спучуванням і спіканням у печах гранул, сформованих із суміші глини і золи. Розроблено технології виробництва випалювального і безвипалювального зольного гравію, які дозволяють використовувати практично будь-які золи, що утворюються під час спалювання різних видів вугілля. Встановлено ефективність введення золи до 20–30 % замість цементу під час виготовлення бетонів і розчинів. Особливо доцільне введення золи в бетон гідротехнічних споруд. Наприклад, зола використовувалася під час будівництва Дністровського гідровузла, Братської ГЕС.

Золошлакові відходи використовують для виробництва силікатної цегли, замість вапна і піску, водночас витрати вапна знижуються на 10–50 %, піску на 20–30 %.

Паливні золу і шлак застосовують як вигораючу добавку у виробництві керамічних виробів на основі глинистих матеріалів, а також як основну сировину для виготовлення зольної кераміки. Наприклад, на звичайному устаткуванні цегельних заводів може бути виготовлена зольна цегла з маси, що складається з золи, шлаку, натрієвого рідкого скла в кількості 3 % за обсягом. Зольна кераміка характеризується високою кислотостійкістю, стійкістю до стирання, високою хімічною і термічною стійкістю.

З паливних золошлаків одержують матеріали: жужільну пемзу і вату. Розроблено технологію виробництва високотемпературної мінеральної вати методом плавки в електродуговій печі. Цей матеріал використовується для ізоляції поверхонь з температурою до 900–1 000 °С. Також можливе одержання скла, архітектурно-будівельних виробів і лицювальних плиток.

Одним з основних споживачів золошлакових відходів є дорожнє будівництво, де їх використовують для засипання під час улаштування основ та для приготування асфальтобетонного покриття.

Незважаючи на очевидні вигоди і перспективи широкого застосування золошлакових відходів, обсяг їхнього використання в нашій країні не перевищує 10 %. Утилізація зол і шлаків вимагає вирішення цілого комплексу питань – від розробки технічних умов на їхнє застосування, технологічних ліній

з їх переробки, транспортних і вантажно-розвантажувальних засобів, до перебудови психології господарників у відношенні до вторинних мінеральних ресурсів.

Тема 8 Утилізація відходів металургійного комплексу

Основну масу відходів цього комплексу представляють розкривні породи і породи видобутку руд, відходи їхнього збагачення, металургійні шлаки [10].

Відходи видобутку залізної руди. У нашій країні найбільш розповсюдженим способом видобутку залізної руди є відкритий – шляхом створення кар'єрів глибиною до 300 м і більш. Поряд з розробкою залізної руди вилучають і складають у відвали величезні маси розкривних і вміщуючих порід, обсяги яких складають 30–70 % від розробленої рудної маси. Найбільша кількість порід, що попутно добуваються – це кристалічні сланці, кварцити, роговики й інші близькі до них скельні породи. Серед розкривних порід є і нескельні, в основному осадові – глини, піски, суглинки, вапняки та інші.

Скельні породи розробляють екскаваторами і видаляють у відвали автомобільним чи залізничним способом. За гранулометричним складом відвальні скельні породи являють собою неоднорідний матеріал – від пилюватих і піщаних фракцій до брил розміром 1 м. Переважаючий гранулометричний склад – 10–200 мм.

Основним напрямком утилізації розкривних скельних і нескельних порід є використання їх для улаштування дамб обвалування, гребель, насипів, основ доріг, для планувальних робіт, а також для виробництва будівельних матеріалів. Скельні породи широко використовуються для виробництва щебеню, що застосовують як великий заповнювач у важких і особливо важких бетонах. На багатьох гірничо-збагачувальних комбінатах України побудовані щебеневі комплекси. Обсяги утворення цих відходів перевищують масштаби можливої переробки, і основним напрямком їхнього використання є зворотне засипання і рекультивація кар'єрів.

Відходи збагачення залізної руди – хвости – утворюються у разі одержання залізного концентрату методами електромагнітної чи магнітної сепарації. Для розкриття і подальшого вилучення рудних мінералів руду піддають подрібнюванню. Обсяги відходів складають 40–60 % від обсягу збагачуваного матеріалу.

Хвостове господарство – одне із найдорожчих об'єктів збагачувального комплексу. *Хвостове господарство* – комплекс систем (споруд, трубопроводів, комунікацій) для транспортування та складування хвостів і оборотного водопостачання підприємств. *Хвости* – відходи збагачення корисних копалин, які складаються з породи з включенням корисних компонентів, що не можуть бути вилучені за прийнятої технології збагачення.

Хвостосховище – природна або штучна створена ємність для складування хвостів, які переміщуються з місць їх утворення переважно гідравлічним способом, і для освітлення води.

Пульпа – суміш твердих відходів (хвостів, шламів) з водою.

Пульпопроводи – напірні, напірно-самопливні або самопливні трубопроводи, по яких транспортується пульпа.

Видаляють хвости у хвостосховища гідравлічним способом у вигляді пульпи (рис. 2.4).

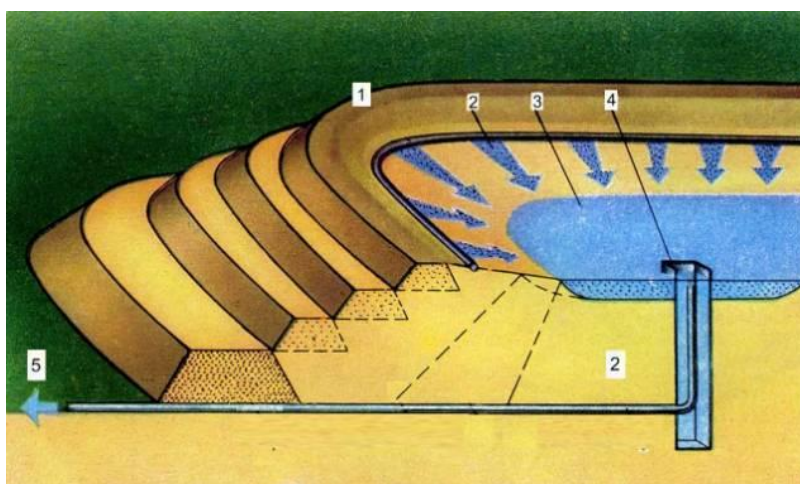


Рисунок 2.4 – Технологічна схема експлуатації хвостосховища:
1 – пульпопровід; 2 – чаша хвостосховища; 3 – ставок-відстійник;
4 – водоскидний колодязь; 5 – вторинний ставок-відстійник

Під час скидання пульпи у хвостосховище на надводних пляжах відбувається фракціонування хвостів за густиною і крупністю. У зонах, близьких до випуску, відкладаються найбільш великі і важкі частки, вміст заліза в цих зонах може перевищувати 30 %.

Відходи збагачувальної фабрики у вигляді пульпи подаються у хвостосховище спеціальними пульпопроводами (1). Відбувається рівномірне пошарове заповнення чаші хвостосховища (2). Відстоювання пульпи відбувається у спеціальному ставку на поверхні хвостосховища (3), звідки вода, після седиментації частинок відводиться через спеціальні водоскидні колодязі (4), у вторинний ставок-відстійник (5), розташований біля основи греблі. Вторинний відстійник призначений для доосвітлення води, яка насосною станцією відкачується і подається на фабрику для технічних потреб (рис. 2.4).

Фактично хвостосховища становлять техногенні родовища корисних копалин, освоєння яких буде проводитися за допомогою більш прогресивних технологій збагачення. Технологія скидання пульпи має формувати зони з підвищеним вмістом заліза.

Хвостосховища займають величезні площі, підтоплюють прилеглі території, забруднюють підземні води. Надводні пляжі, що підсихають, створюють інтенсивне пиління.

Основним напрямом утилізації хвостів збагачення є використання їх як вторинної сировини для виробництва будівельних матеріалів. Піски з відходів збагачення можуть використовуватися в кладочних і штукатурних розчинах, для готування бетонів, одержання силікатної цегли, улаштування штучних основ під дороги, будинки, споруди, для зворотних засипань, а також як сировина для одержання безклінкерного шлакоцементу (спільний помол піску з доменними шлаками).

Металургійні шлаки утворюються під час виплавки металів і являють собою продукти високотемпературної взаємодії руди, порожньої породи, флюсів, палива.

Металургійні шлаки підрозділяють на шлаки чорної і кольорової металургії. У залежності від характеру процесу і типу печей шлаки чорної металургії поділяють на доменні, сталеплавильні (мартенівські, конверторні, електроплавильні), феросплавні, ваграночні.

Вихід доменних шлаків на 1 т чавуну складає 0,6–0,7 т; під час виплавки 1 т сталі вихід шлаків складає 0,1–0,3 т.

У кольоровій металургії вихід шлаків залежить від вмісту металу, що вилучається, у вихідній шихті, і може досягати 100–200 т на 1 т металу.

Хімічний склад доменних шлаків: CaO 29–30 %, MgO 0–18 %, Al₂O₃ 5–23 % і SiO₂ 30–40 %. У невеликій кількості в них містяться оксиди заліза 0,2–0,6 % і марганцю 0,3–1 %, а також сірка 0,5–3,1 %.

Сталеплавильні шлаки характеризуються більш високим вмістом оксидів заліза (до 20 %) і марганцю (до 10 %). Так само, як і паливні шлаки, металургійні поділяють на кислі й основні в залежності від модуля основності. Оксиди, що входять у шлаки, утворюють різноманітні мінерали, такі як силікати, алюмосилікати, ферити та інше.

Найбільш розповсюдженим способом переробки шлаків є грануляція – різке охолодження водою, парою чи повітрям. Грануляції піддають, в основному, доменні шлаки. Утилізація доменних шлаків складає близько 60 %, сталеплавильних – близько 30 %.

Основним споживачем доменних гранульованих шлаків є цементна промисловість. У цементній промисловості також можливе використання повільно охолоджених сталеплавильних шлаків, шлаків феросплавів і шлаків кольорової металургії. Жужільні в'язучі підрозділяються на безклінкерні (сульфатно-жужільні і вапняно-жужільні), шлаколужні і шлакопортландцемент. Сульфатно-жужільні в'язучі одержують спільним помолом доменних гранульованих шлаків (75–85 %), гіпсу (10–15 %) і невеликої добавки вапна (2 %) чи портландцементного клінкера. Такі цементи відзначаються хімічною стійкістю, їх використовують в агресивних середовищах. Вапняно-жужільні цементи одержують спільним помолом

доменного гранульованого шлаку і вапна (10–30 %). Для регулювання термінів схоплення вводять до 5 % гіпсу. Ці цементи за міцністю поступаються сульфатно-жужільним, мають низьку морозостійкість, але відзначаються високою стійкістю в агресивних водах.

Гранульовані доменні шлаки використовують як добавки до сировини (до 20 %) під час виробництва портландцементу замість глини чи як активні добавки до портландцементного клінкера.

Широке поширення одержав шлакопортландцемент – гідравлічне в'язуче, що одержується спільним тонким помолом доменного гранульованого шлаку (21–80 %), портландцементного клінкера і невеликої кількості гіпсу. Собівартість такого цементу знижується на 25–30 %, у порівнянні з портландцементом. Шлакопортландцемент у залежності від вмісту шлаку використовують як звичайний цемент чи як стійкий до дії агресивних вод.

Шлаколужні цементы – це гідравлічні в'язучі, що одержуються спільним помолом доменних гранульованих шлаків і лужних компонентів – кальцинованої чи каустичної соди, рідкого скла. Шлаколужні в'язучі мають високу міцність, водостійкість, водонепроникність, корозійну стійкість, біостійкість і термостійкість. Бетони з таких цементів мають перераховані переваги, крім того, вони стійкі до дії бензину й інших нафтопродуктів і слабких розчинів органічних кислот. Вони здатні тверднути за мінусових температур.

Шлаколужні цементы використовують у будівництві, а також для знешкодження радіоактивних і токсичних відходів, що містять важкі метали (шлами гальванічного виробництва, шлами водоочищення, золошлакові відходи термічного знешкодження).

З металургійних шлаків одержують жужільний щебінь шляхом дроблення відвальних металургійних шлаків чи за спеціальною технологією виготовляють литий щебінь. Необхідною умовою одержання щебеню з металургійних шлаків є стійкість їх до розкладання. Шлаки, що пролежали 3–5 місяців у відвалах, як правило, мають стабільний склад. Литий жужільний щебінь характеризується

високою морозостійкістю і жаростійкістю, стійкістю до стирання. Його застосовують також у дорожньому будівництві для улаштування основ і асфальтобетонних покриттів.

Металургійні шлаки використовують для виробництва жужільної вати. Жужільну вату застосовують як ізоляційний матеріал, а за допомогою різних органічних і неорганічних в'язучих, з неї виготовляють різноманітні теплоізоляційні вироби.

З розплавлених металургійних шлаків відливають камені для брукування доріг і підлог промислових будинків, бордюрний камінь, протикорозійні плитки, труби й інші вироби. За зносостійкістю, жаростійкістю і низкою інших властивостей жужільне лиття перевершує залізобетон і сталь. Металургійні шлаки використовують для виробництва шлакоситалових виробів. Виробництво їх полягає у варінні жужільного скла, формуванні і подальшій його кристалізації. Шлакоситали характеризуються високими фізико-механічними властивостями. Міцність їх близька до міцності чавуну і сталі, але шлакоситали у три рази легші. Вони легко обробляються, шліфуються, ріжуться, свердляться.

Шлакоситали широко застосовуються в будівництві. Плитами з листового шлакоситалу облицьовують цоколи і фасади будинків, обробляють внутрішні стіни і перегородки, виконують з них огороження балконів, покрівлі, сходові марші, підвіконня, підлоги промислових будинків, виготовляють труби, високовольтні ізолятори й інші вироби.

Під час виробництва феросплавів утворюються шлаки, що містять до 15–20 % металевих включень. Феросплавні шлаки переробляють на щебінь, пісок, використовують для виплавки сталі, феросплавів, у цементній промисловості, у виробництві жужільного лиття, шлакоситалів і інших будівельних матеріалів.

Шлаки кольорової металургії відрізняються великою розмаїтістю. Вихід шлаків кольорової металургії на одиницю виплавленого металу значно більший, ніж шлаків чорної металургії. Так, на 1 т нікелю утворюється до 150 т

шлаку, на 1 т міді – 10–30 т. У шлаках міститься до 60 % оксидів заліза, оксиду кремнію, алюмінію, кальцію, магнію, а також значна кількість таких кошовних компонентів, як мідь, кобальт, цинк, свинець, кадмій, рідкісні метали. Перспективним напрямком їхнього використання є комплексна переробка, що містить попереднє вилучення кольорових і рідкісних металів, заліза з наступним використанням силікатного залишку для виробництва будівельних матеріалів аналогічно шлакам чорної металургії.

У чорній і кольоровій металургії утворюється величезна кількість пилу і шлаків, значна кількість їх накопичується також у шламонакопичувачах і відвалах. Ці відходи містять у своєму складі сполуки заліза, магнію, марганцю, кальцію, цинку, свинцю, сірки й інших елементів.

Пил і шлами металургійних виробництв можна розділити на дві групи: до першої групи належать продукти очищення димових газів. Залізовмісні пили і шлами утворюються під час очищення газів доменного, агломераційного і сталеплавильного виробництв. Концентрація заліза в них – у межах 35–55 %, у деяких випадках вона перевищує 68 %, тобто перевищує вміст заліза в залізородному концентраті. На старих заводах залізовмісні пили і шлами скидають у відвали і шламонакопичувачі через відсутність чи нестачу устаткування з їх підготовки до використання. На нових заводах ці пил і шлами використовують у технологічних процесах шляхом добавки до агломераційної шихти. У разі використання шлами попередньо зневоднюють до вологості 8–9 %, з них видаляють шкідливі домішки, такі як сірка, цинк, свинець, лужні метали, а потім механічним чи термічним способом у разі додавання в'язучих формують шматки визначених розмірів.

Іншим способом утилізації залізовмісного пилу є додавання його до складу шихти під час виробництва цементів, фарб, барвників.

Графітовий пил утворюється під час випуску чавуну. Вміст графіту в пилу металургійних цехів різних підприємств коливається в межах 30–80 %. Графіт є важливою промисловою сировиною. Він використовується в чорній металургії під час виготовлення електродів електросталеплавильних і

феросплавних печей, тиглів для плавки сталі і кольорових металів, у ливарному виробництві під час виготовлення присипок внутрішніх поверхонь форм для запобігання виливків від пригару, у процесі отримання графітоколоїдних фарб для підмазки ливарних форм, для одержання графітокерамічних мас, з яких готують ливарні форми, в електротехніці для гальванічних елементів тощо. Крім того, графіт застосовують під час виготовлення штучних алмазів, металокераміки, різних пластмас, олівців тощо.

Потреба в графіті постійно зростає. Для одержання 1 т графіту з графітовмісних руд переробляють до 20 т руди. У промисловості використовують також дорогий штучний графіт, що виготовляють на основі коксу й антрациту. Тому графітовий пил підприємств чорної металургії є коштовною вторинною сировиною. Ресурси графітових відходів оцінюються мільйонами тонн. Значна частина їх надходить у відвали і розноситься вітром на великі відстані.

На сьогодні розроблені два напрями утилізації графітового пилу. Для підприємств, де вміст у пилу графіту особливо високий (60–90 %), передбачається одержувати товарний графіт на самих виробництвах. Процес цей містить такі операції, як здрібнювання, флотаційне збагачення за стандартними схемами. Отриманий продукт передбачається використовувати на самому підприємстві. Інший напрямок утилізації полягає у збагаченні графітового пилу на металургійних підприємствах і подальшій переробці отриманого концентрату на спеціалізованих графітових заводах разом із вичерпною графітовою рудою. Графіт, виготовлений під час спільного перероблення, не поступається за якістю графіту, виготовленому з однієї руди, а іноді перевершує останній. Графітовий пил, що містить у своєму складі менш 60 % графіту, може бути використаний для готування теплоізоляційних сумішей у ливарному виробництві.

Сірковміщуючі шлами утворюються під час очищення газів агломераційних виробництв від оксидів сірки за допомогою вапнякових суспензій. Такі ж шлами утворюються під час очищення газів від оксидів сірки

на ТЕЦ і інших виробництвах. Основна частина цих шламів надходить у шламосховища і не використовується.

У даний час розроблені рекомендації з утилізації шламів сіркоочищення. Для використання в цементній промисловості рекомендується їх спочатку піддати випалу за температури 1 100–1 150 °С, що дозволить перевести частину сірки зі шламу в двооксид сірки, а потім використовувати для виробництва сірчаної кислоти. Далі сухий шлам можна використовувати як добавку до шихти під час виробництва цементу. Іншим напрямком утилізації сірковміщуючих шламів є застосування їх у сільському господарстві як меліоранта для кислих, опідзолених і солонцюватих ґрунтів. Шлам є додатковим джерелом сірки, кальцію, дозволяє нейтралізувати підвищену кислотність ґрунтів.

Тема 9 Утилізація відходів машинобудівного комплексу

Основними екологічно небезпечними відходами цього комплексу є *відходи гальванічних виробництв* [10].

Нанесення гальванічного покриття забезпечує надійний захист виробу від корозії, істотно продовжує термін його служби в агресивному середовищі, покращує зовнішній вигляд і надає різні додаткові властивості.

Гальваніка – покриття деталі найтоншим шаром певного сплаву. Підбір покриття, що наноситься, здійснюється з урахуванням середовища експлуатації, призначення і матеріалу виробу, що покривається.

Операція гальванічного покриття проводиться методом занурення готової деталі в гальванічну ванну, де під дією електричного струму вона покривається рівною тонкою плівкою обраного металу. Залежно від матеріалу виробу і сплаву, що використовується для покриття, гальванічне покриття металу буде анодним або катодним.

Відходи гальванічних виробництв, залежно від джерел утворення, розділяються на такі види:

– відпрацьовані концентровані технологічні розчини (електроліти нанесення покриття, розчини зняття покриття, лужні і кислі травильні розчини та інше);

- промивні води;
- гальванічні шлами.

Відпрацьовані електроліти, що містять кольорові метали, регенерують з метою відновлення їхньої працездатності і повторного використання, а також використовують для вилучення кольорових металів.

Шлами, що утворюються під час регенерації електролітів і очищенні стічних вод гальванічних виробництв, являють собою аморфні осади, що містять гідроксиди заліза і кольорових металів. Зневоднювання їх здійснюють за допомогою вакуум-фільтрів, прес-фільтрів або центрифуг. Для підвищення продуктивності устаткування, що зневоднює, гідроксидні осади піддають реагентній чи безреагентній обробці. Як реагенти використовують вапно, солі заліза й алюмінію та реагенти, що містять кислоту. Недоліками реагентної обробки осаду є висока вартість і дефіцитність реагентів, збільшення обсягу осаду.

До безреагентних способів обробки гальванічних шламів належать ущільнення, заморожування і танення. Після такої обробки шлами легко зневоднюються. Однак основна частина гальванічних шламів надходить у шламонакопичувачах.

Розроблено технічні рішення, що дозволяють витягати практично всі метали з гальванічних шламів методами гідрометалургії за допомогою водяних розчинів хімічних реагентів.

Іншим напрямком утилізації гальванічних шламів з метою зменшення їх екологічної небезпеки є хімічна фіксація. Однак водночас коштовна вторинна сировина для вилучення кольорових металів найчастіше губиться.

Хромовмісні шлами після сушіння і прожарювання використовуються як барвники під час виробництва декоративного скла. У залежності від складу

може бути отримано скло різного кольору і відтінків: зеленого, яскраво-синього, синьо-зеленого, темно-коричневого, чорного.

Гальванічні шлами, збагачені залізом, використовуються для одержання феритів, що знаходять застосування в електротехнічній і хімічній промисловості, у радіотехніці.

Цілком виключається забруднення природного середовища під час сплавки гальванічних шламів із силікатами у співвідношенні 1 : 1 і температурі 800–1 000 °С. Цей метод дозволяє витягати зі шламу важкі метали і виготовляти цеглу і черепицю високої якості.

Гальванічні шлами також можна вводити в асфальтобетон у кількості до 20 % від маси сировинної суміші. Прожарені гальванічні шлами використовують як добавки при виготовленні бетонних блоків. При готуванні бетонів зі шлаколузних в'язучих можна додавати до 20 % прожарених гальванічних шламів. У разі взаємодії гідроксидів важких металів з лужними силікатами утворюються силікати відповідних металів, стійкі до розчинення. Такі бетони володіють високими фізико-хімічними властивостями і стійкі до розчинення.

Горіла формувальна земля. Під час виготовлення виливків з чавуну, сталі і кольорових металів в одноразових формах, які виготовляються з формувальних сумішей, що складаються з кварцового піску, глини (до 16 %) та в'язучих у вигляді бітуму, цементу, каніфолі, рідкого скла чи термореактивних смол (1,5–3 %), використовують також графіт, порошок кам'яного вугілля і вигоряючі добавки. Витрати формувальної суміші складають 1 т на 1 т металевих виробів.

Після використання формувальні суміші містять металеві домішки, а сполучні матеріали і глина втрачають свої пластичні властивості і не придатні для повторного використання. Ці відходи називають горілою формувальною землею. Основна маса їх надходить у відвали.

Регенерація горілої формувальної землі полягає у вилученні металевих домішок, видаленні пилу, дрібних фракцій глини й інших домішок. Існує два

способи регенерації горілої землі: мокрий і сухий. Горіла формувальна земля також використовується для виробництва цегли. Попередньо методом магнітної сепарації видаляються металеві домішки. Завдяки наявності в горілій формувальній землі лугу, рідкого скла, смол якість цегли поліпшується.

Брухт і відходи чорних і кольорових металів є найважливішою вторинною сировиною для металургійної промисловості. Ці відходи утворюються під час обробки металу у вигляді стружки, шматків і листових відходів, у результаті морального чи фізичного зносу устаткування, запасних частин і інструмента (амортизаційний брухт). Переробляють металевий брухт підприємства, що мають плавильні печі.

У найбільших кількостях утворюються алюмінієвий, свинцевий, мідний і цинковий брухт. Процеси його переробки складні і вимагають дорогого устаткування. Складність переробки полягає в тому, що кольорові метали знаходяться в металобрухті у вигляді сплавів, а вилучати кожен вид металу необхідно окремо.

Тема 10 Утилізація відходів хімічного виробництва

Відходи виробництва фосфору, фосфорної кислоти і фосфорних добрив є найбільш багатотоннажними відходами хімічного промислового комплексу. Найбільша питома вага у фосфорній промисловості припадає на виробництво фосфорних добрив – суперфосфату.

Сировиною для одержання цих продуктів є руди, що містять у своєму складі фосфорити $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і апатити – фтор-apatит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ і хлор-apatит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$. Крім основних мінералів, ці руди містять у своєму складі мінерали-домішки, сліди урану, ванадію тощо.

Під час видобутку фосфорних руд величезні маси розкривних порід, що являють собою піски, глини, сланці з домішками сірки і фосфору, надходять у відвали і практично не використовуються. Виходячи зі складу, їх можна використовувати для виробництва пористих заповнювачів (аглопориту) і як добавки до сировини під час виробництва керамічних виробів.

Під час збагачення фосфорних руд утворюється велика кількість твердих відходів у вигляді хвостів флотації, маса яких може досягати 70–75 % маси вихідної руди.

Апатитові руди належать до порід, які легко збагачуються, а фосфоритові – до порід, які важко збагачуються і вимагають застосування великої кількості реагентів. У відходах залишається значна кількість фосфатів. В апатитових відходах можуть міститися рідкоземельні елементи і радіонукліди, а у фосфоритових – канцерогенні органічні домішки від реагентів флотації. Хвости флотації можуть використовуватися як добавки до сировини під час виробництва керамічних будівельних матеріалів. З метою екологічної безпеки необхідно контролювати вміст у відходах радіонуклідів і у разі їх підвищеної концентрації передбачати заходи щодо поховання відходів. Збагачені апатитові і фосфоритові концентрати переробляють електротермічним чи екстракційним методами.

Термічну переробку фосфорного концентрату проводять в електропечах за температури 1 300–1 500 °С за допомогою вуглецю (коксу) із введенням у шихту кремнезему у якості флюсу, у результаті чого утворюється фосфор і жужільний розплав. Шлак зливають з печей у вогненно-рідкому стані і гранулюють мокрим способом. На 1 т фосфору припадає 10–12 т шлаку, хімічний склад яких близький до складу доменних. Сумарний вміст у них оксиду кальцію і кремнезему досягає 95 % якщо їх співвідношення 0,9–1,1. Однак через наявність у фосфорних шлаках P_2O_5 і CaF_2 (до 3 % кожного), Al_2O_3 (до 4 %) вони мають низьку гідравлічну активність у порівнянні з доменними.

Можливості використання фосфорних шлаків у виробництві будівельних матеріалів не менш широкі, ніж металургійних і паливних. Гранульовані фосфорні шлаки використовуються в цементній промисловості як добавки до сировини до 8–10 % замість глинистого компонента. Це забезпечує економію палива. Фосфорні шлаки застосовуються як добавки під час подрібнювання цементного клінкера у виробництві портландцементу і шлакопортландцементу. Фосфорні шлаки використовують також у виробництві шлаколужних цементів.

Характерною рисою фосфорно-шлакових цементів усіх типів є підвищена сульфатостійкість.

З фосфорно-шлакових розплавів одержують литий щебінь за технологією металургійних процесів. З них отримують також шлакову пемзу, вату, литі вироби у вигляді плитки для підлог, брущатки, а також шлакоситали. Фосфорні шлакоситали мають меншу собівартість, ніж ситали на основі доменних шлаків. Установлено можливість застосування фосфорних шлаків як добавки до сировини під час виробництва керамічних виробів і фасадної плитки.

За екстракційного способу переробки апатитових і фосфоритових концентратів отримують екстракційну фосфорну кислоту і фосфорні добрива – суперфосфат, а як твердий відхід – сульфат кальцію (*фосфогіпс*). Порівняння складу фосфогіпсу з природною гіпсовою сировиною показало, що фосфогіпс є потенційно якісною сировиною для виробництва різних в'язучих. За його використання потрібно додаткове очищення від домішок. Обсяги фосфогіпсу, що утворюється, перевищують потреби в гіпсовій сировині, що добувається спеціально (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Місце видалення промислових відходів ПРАТ «Рівнеазот»
(15 млн т фосфогіпсу)

Розроблені і випробувані технології одержання гіпсових в'язучих з фосфогіпсу. Для зниження вмісту домішок і нейтралізації його промивають, потім сушать, обпалюють і подрібнюють. За такою технологією отримують високоміцний гіпс, що відповідає вимогам стандарту. Фосфогіпсові в'язучі можуть бути використані як добавки до цементів для регулювання термінів схоплювання. З фосфогіпсових в'язучих можна одержувати перегородкові плити, блоки, гіпсопідшану цеглу, декоративні акустичні плити. На основі фосфогіпсових в'язучих можливе одержання декоративного матеріалу – штучного мармуру. Фосфогіпс може служити сировиною для виробництва цементу з одночасним одержанням сірчаної кислоти. Сутність цього методу полягає в розкладанні сульфату кальцію у відновному середовищі.

Відходи виробництва калійних добрив утворюються під час переробки калійних руд, основним мінералом яких є сильвініт – суміш сильвіну KCl і галіту $NaCl$. Калійні добрива в основному використовують у вигляді хлориду калію. Калійні руди переробляють різними методами. Найбільш розповсюдженими є метод роздільної кристалізації з розчинів і метод збагачення породи флотацією. Під час переробки та збагачення сировини в калійній промисловості утворюються багатотоннажні тверді галітові відходи, що надходять у відвали. На 1 т KCl утворюється 3–4 т відходів. Крім основного компонента $NaCl$ (до 90 %), вони містять KCl , $CaSO_4$, $MgCl_2$, Br і нерозчинні речовини. Поблизу калійних підприємств накопичилися сольові відвали, що викликають засолення ґрунтів, підвищення мінералізації поверхневих і підземних вод. З метою поліпшення екологічної обстановки варто відмовитися від збереження сольових відходів на земній поверхні і поступово перейти на їхнє складування у вироблених просторах, а також удосконалювати технологію гірських робіт шляхом скорочення виїмки із шахт галіту і порожньої породи (селективний видобуток калійних руд).

Галітові відходи можна використовувати для одержання повареної солі, як сировину в содовому, хлорному виробництвах, що через транспортні витрати доцільно тільки для підприємств, розташованих поблизу

розроблювальних калійних родовищ. Перспективним напрямком є також упровадження методів комплексного використання сировини: шляхом вилучення побічних компонентів – магнію, бромю, використання відходів для одержання кормової і технічної солі й інших продуктів.

Відходи у вигляді дистильарної рідини утворюються у процесі виробництва кальцинованої соди аміачним способом. На 1 т кальцинованої соди утворюється 8–12 т дистильарної рідини, що містить у своєму складі 200–150 кг/м³ залишку. Складування цих відходів здійснюють у спеціальних шламосховищах (білі моря). Твердий залишок – дистильарний шлам, є крейдоподібним матеріалом, що складається на 70–80 % з часток розміром 0,1–0,2 мм. До складу шламів входять такі компоненти: кальцію карбонат 50–65 %, кальцію гідроксид 4–10 %, гіпс 5–10 %, кальцію хлорид 5–10 %, домішки глинистих мінералів і кварцу – 5–10 %, інші компоненти. На підприємствах содової промисловості накопичилися мільйони тонн дистильарних шламів.

Одним з основних напрямків їхнього використання є одержання вапняно-білітового в'язучого і силікатної цегли на його основі. Технологічна схема одержання вапняно-білітового в'язучого така: шлам розробляють на пляжі і направляють на сушіння, потім його обпалюють в обертовій печі і тонко подрібнюють разом з піском у визначеному співвідношенні, а потім використовують для виробництва цегли за звичайною технологією.

Дистилерні шлами рекомендують також використовувати для одержання наповнювача асфальтобетонних сумішей, лінолеуму, полівінілхлоридної плитки, тампонажних матеріалів.

Карбідне вапно – відхід у вигляді вапняного тіста, утворений під час отримання ацетилену шляхом впливу води на карбід кальцію. Вапняне тісто містить у своєму складі домішки карбіду кальцію, що не розклався, і розчиненого ацетилену. Застосовувати його можна після витримування 1–2 місяці до зникнення запаху ацетилену. Активність вапна залежить від перебування у відвалі і відповідає вапну третього сорту. Його рекомендують

використовувати в якості в'язучого для автоклавних матеріалів. Для поліпшення в'язучих властивостей рекомендують його подрібнювати разом з піском, водночас активність карбідного вапна збільшується в 2–2,5 рази. Замість піску можна використовувати горілі породи, доменні шлаки, відходи збагачення руд.

Піритні недогарки – відходи, що утворюються у разі переробки залізного колчедану (FeS_2 , піриту) у сірчану кислоту. Чистий залізний колчедан містить 53,5 % сірки і 46,5 % заліза. У природному колчедані, крім сірки і заліза, містяться домішки піску, глини, карбонатів, сульфідів кольорових металів, сполук миш'яку, селени, срібла, золота тощо. Під час випалювання збагаченого піритного концентрату отримують двооксид сірки, що надалі переробляють у сірчану кислоту, а як твердий відхід утворюється піритний недогарок. Піритні недогарки складаються, в основному, з заліза і мають такий хімічний склад: FeO_3 56–77 %, SiO_2 9–22 %, Al_2O_3 1–18 %, CaO 0,8–5 %, MgO 0,1–0,2 %, крім того, вони містять у своєму складі мідь, цинк, свинець, сірку, дорогоцінні метали, миш'як, селен. Під час випалювання піритного концентрату недогарків утворюється близько 70 % від маси колчедану. Піритні недогарки містять розчинні сполуки миш'яку, які легко вимиваються атмосферними опадами і забруднюють ґрунт, поверхневі і підземні води.

Найбільш доцільним напрямком утилізації піритних недогарків є вилучення кольорових і дорогоцінних металів.

Піритні недогарки є кошовною сировиною для чорної металургії. Основною перешкодою для використання їх у доменних плавках є високий ступінь здрібнювання, що може викликати забивання доменної печі, а також значний вміст в деяких видах недогарків свинцю, міді, цинку, срібла, що ускладнює процес доменної плавки і забруднює його продукти, а також підвищений вміст сірки, що приводить до одержання чавуну низької якості. У невеликих кількостях піритні недогарки використовують як сировину для доменної плавки без попереднього вилучення кольорових і дорогоцінних

металів. До плавки проводиться високотемпературна агломерація, що призводить до вигорання сірки й утворення шматків матеріалу.

У колчеданах, що застосовуються для виробництва сірчаної кислоти, у невеликих кількостях міститься селен, тому відходи переробки піриту є одним з основних джерел одержання селену.

Розроблено технології одержання з піритних недогарків високозалізистих цементів. Вихідними компонентами для них служать крейда (60 %) і піритні недогарки (40 %).

Піритні недогарки використовуються як добавки, так і як основна сировина для виробництва керамзиту. Сірчистий газ, що утворюється під час розпаду піриту, спучує глинисту сировину.

Розроблено технологію одержання важких заповнювачів з піритних недогарків (95–97 %) і глини (3–5 %).

Піритні недогарки застосовують для одержання червоного залізооксидного пігменту шляхом тонкого здрібнювання і прожарювання за температури 700–800 °С. Цей пігмент стійкий до дії кислот та лугів, стійкий до дії світла. Недогарки застосовують для фарбування силікатної цегли.

Відходи коксохімічного виробництва. Кокс – тверде паливо підвищеної міцності, що одержується нагріванням вугілля до 950–1 050 °С без доступу кисню. Вугілля, що коксується, здатне переходити в пластичний стан і спікатися.

Під час коксування, крім коксу, утворюються кам'яновугільна смола, бензол, аміак, коксовий газ і інші сполуки. Коксовий газ використовують як паливо чи для виробництва інших продуктів. Супутній сірководень перетворюють в елементарну сірку, аміак використовують для виробництва азотно-фосфорних добрив.

У процесі відстоювання кам'яновугільної смоли в сховищах утворюються в'язкі відходи – фуси, що містять смолисті речовини (50–80 %), фенол, вугільний і коксовий пил, залізисті й інші сполуки. Фуси додаються в шихту під час коксування, у паливо для котлів ТЕС. З фусів витягаються смоли.

Під час використання фусів як палива чи в складі шихти для коксування і газифікації, їх змішують і комкують з основними компонентами й іншими видами пальних відходів. На багатьох заводах через відсутність устаткування значна маса фусів не використовується і направляється в накопичувачі.

Інший напрямок утилізації фусів – використання їх у будівництві. На основі фусів виготовляються матеріали для захисних покриттів бетонних, залізобетонних і металевих виробів. Такі суміші одержують у разі розчинення фусів в уайтспіриті та інших розчинниках з додаванням полівінілхлоридної смоли з подальшим відстоюванням. Покриття мають стійку гідрофобність, високу міцність і водостійкість.

Під час очищення бензолу сірчаною кислотою утворюється відхід – *кисла смолка*, що являє собою чорну в'язку масу, що містить сірчану кислоту до 10–30 %, бензольні вуглеводні і полімери.

Кислу смолку додають до шихти у разі коксування і використовують під час виробництва бітумів різних марок. Смолку також використовують як добавку до цементного клінкеру для інтенсифікації помолу й активізації твердіння цементу, як добавку для спучення до шихти під час виробництва керамзиту. Після нейтралізації її можна використовувати для виробництва дорожніх дьогтів. Нейтралізацію здійснюють за допомогою лужних відходів і реагентів. Можливе використання кислій смолки замість столярного клею.

Відходи виробництва і споживання пластмас утворюються у разі готування сировини у вигляді злитків, брил, бракованих волокон і у разі формування виробів у виглядів обрізків і браку. Відходи використовуються для виробництва того ж продукту чи виробів менш відповідального призначення. Вміст відходів у сировині звичайно складає до 20 %, за більшої кількості погіршується глянець, з'являється шорсткість.

У разі утилізації без поділу за типами пластмас відходи подрібнюють, відокремлюють домішки, гранулюють і використовують для виробництва тари, підстилок, сувенірів, іграшок та інше.

Широке поширення за кордоном одержало багатокомпонентне лиття, за яким вироби мають зовнішній і внутрішній шари. Зовнішній шар виконують з товарних пластмас високої якості; внутрішній – з відходів, що містять наповнювачі – тальк, скляні чи керамічні кульки, вспінювач для полегшення. Такий спосіб утилізації застосовують під час виготовлення меблів, предметів домашнього побуту.

Пластмасові вироби, що були у використанні, і тара у вигляді відходів надходять на звалища і полігони. У процесі утилізації їх збирають, сортують і очищають від домішок. З використаної в сільськогосподарському виробництві поліетиленової плівки виготовляють труби і вторинну поліетиленову плівку. Плівку, що вийшла з уживання, сортують, видаляючи побічні домішки і сильно забруднені шматки, подрібнюють, промивають, віджимають, сушать і гранулюють. Далі вторинний гранульований поліетилен змішують з первинним у співвідношенні 6 : 4 і використовують для виробництва продукції.

Велика кількість пластмас надходить в міські відходи. У нашій країні вміст пластмас у них складає 1,5–2 %, у країнах Західної Європи – 2–4 %, у Японії – до 10 %.

Відходи синтетичних матеріалів легкої й іншої галузей промисловості у вигляді волокон, пряжі, обрізків можуть використовуватися для очищення промислових стічних вод. Пластмасові відходи деяких видів можуть використовуватися як добавки в асфальтобетонні суміші, водночас підвищується зносостійкість дорожніх покриттів.

З відходів полівінілхлориду отримують лінолеумову плитку і плівку.

Пластмасові відходи відрізняються підвищеною стійкістю і довговічністю. Вони погано піддаються деструкції під впливом світла, води, температури і мікроорганізмів. Ведуться пошуки пластмас такого складу, що після закінчення терміну служби виробів під дією ультрафіолетового випромінювання здатні розпадатися в порошок і засвоюватися мікроорганізмами.

Відходи виробництва і споживання гуми. Гуму одержують вулканізацією каучуку чи гумових сумішей гарячим або холодним способом, введенням у їхній склад сірки. У залежності від вмісту сірки в гумі її розділяють на м'яку, напівтверду і тверду.

Гумові відходи утворюються в процесі виробництва гумовотехнічних виробів, товарів народного споживання, у шинній промисловості й у процесі споживання. До них належать зношені покришки, гумове взуття, відпрацьовані конвеєрні стрічки, приводні ремені, прогумована тканина тощо. У виробництві відходи утворюються під час приготування гумових сумішей, на стадії вулканізації чи обробки готової продукції.

Найбільш коштовними компонентами гумових відходів є каучук і тканини. Відходи виробництва – невулканізовані і вулканізовані – відрізняються за цінністю та складністю переробки.

Технологія переробки невулканізованих відходів складається із сортування, очищення від сторонніх домішок і перемішування для усереднення. За якістю цей вид відходів наближається до первинної сировини і використовується для виробництва готової продукції.

Вулканізовані гумові відходи використовують для виготовлення гумової крихти, що застосовується як добавка до первинної сировини чи для виробництва шиферу, надувних човнів, рукавиць, фартухів, гумових килимів тощо.

У гумовотканинних невулканізованих відходах текстильні компоненти зберігають свої властивості і використовуються вдруге. Гумовотканинні вулканізовані відходи використовуються для виробництва технічних рукавиць, набивання меблів тощо.

Незважаючи на необмежені можливості переробки відходів виробництва гуми значну частину їх вивозять на звалища і спалюють. Цілком зношені автопокришки містять близько 75 % каучуку й інших коштовних інгредієнтів.

Основним напрямком комплексної переробки зношених покришок є регенерація гуми. Непридатними до регенерації є вироби, що втратили

еластичність і стали крихкими в результаті старіння гуми, виробу з низьким вмістом каучуку. Процес регенерації гуми складається з підготовки гумової сировини, девулканізації гуми і механічній обробці девулканізату. За умови підготовки гумової сировини відрізають борта шин, частину, що залишилася, розрізають на шматки, подрібнюють, відокремлюють тканинний і металевий корд. Девулканізація гуми є основним процесом перетворення гуми в пластичний продукт. Здрібнену гуму з добавками нагрівають упродовж певного часу за температури 160–190 °С. Водночас відбувається деструкція вулканізованого каучуку. Деструкції сприяють хімічні речовини, що додаються: пом'якшувачі й активатори.

Під час піролізу гумових відходів за температури 400–450 °С отримують гумове масло, що використовується як пом'якшувач у разі регенерації гумових відходів і в гумових сумішах.

Під час піролізу автомобільних шин за температури 593–815 °С одержують рідкі вуглеводні, які використовуються як паливо, і твердий залишок, який можна використовувати замість сажі для виробництва гумовотехнічних виробів.

Іншим напрямком переробки гумових відходів є розмелення їх у крихту. Цю крихту можна використовувати для готування бітумно-гумових мастик, гідроізоляційних і покрівельних рулонних матеріалів, як добавки в дорожні покриття, а також для виготовлення хімічно стійкої тари.

Автопокришки використовують для огороження транспортних магістралей, портових причалів, берегових укосів.

Нафтовмісні відходи утворюються в технологічному процесі підприємств під час використання нафтопродуктів і на очисних спорудах, куди вони надходять зі стічними чи зливовими водами. Відходи нафти утворюються у вигляді рідких нафтопродуктів, осадів і шламів, що містять нафту і підрозділяються на такі групи:

1. ММВ – масла моторні відпрацьовані (автотракторні, дизельні, авіаційні тощо).

2. МІВ – масла індустриальні відпрацьовані (турбінні, компресорні, трансформаторні тощо).

3. СНВ – суміші нафтопродуктів відпрацьованих (нафтопродукти, що витягаються зі стічних вод, що містять нафту, на очисних спорудах; нафтопродукти, зібрані під час зачищення резервуарів, трубопроводів тощо).

Відпрацьовані нафтопродукти є коштовними матеріальнотехнічними ресурсами і підлягають повторному використанню. Велика частина індустриальних і трансформаторних масел, як правило, регенерується на місці споживання. Моторні масла здаються на нафтобази. Забруднені й обводнені нафтопродукти перед здачею на нафтобази відстоюються з підігрівом до 60–65 °С.

Зневоднювання й очищення відходів нафти проводиться фільтруванням чи центрифугуванням.

Рідкі відходи нафти, які не утилізуються, спалюють у топках і пристроях для горіння – камерних, циклонних тощо. Найбільше поширення одержали турбобарботажні установки «Вихор». Для спалювання нафтошламів, осадів очисних споруд застосовують печі з киплячим шаром, багатоподові, барабанні.

Відходи нафти піддають також обробці оксидом кальцію чи магнію, попередньо оброблених ПАР у співвідношенні 1 : 1–10. У разі отримують сухий, гідрофобний порошок, який можна використовувати як облицювальний матеріал для різних сховищ, під час спорудження доріг та інше. Як ПАР використовують стеаринову, пальмітинову кислоти чи парафінову олію. Таким методом знешкоджують ґрунти, забруднені нафтопродуктами, пляжі. Одночасно із знешкодженням зібраних відходів нафти проводиться очищення і рекультивация земельних ділянок.

Відома також технологія очищення територій, забруднених нафтопродуктами, за допомогою реагентів на основі негашеного вапна. Вапно взаємодіє з водою, водночас утворюється коричневий порошок, що складається з дрібних гранул, які вміщують токсичні компоненти. Отриману масу ущільнюють на місці катками чи перевозять для подальшого використання.

Відходи, що містять нафту піддають також біологічному знешкодженню під впливом мікроорганізмів. Підібрано штами бактерій, що перетворюють ароматичні й аліфатичні вуглеводні в нешкідливі діоксид вуглецю і воду. Випускається бактеріальний препарат на основі природного штаму вуглеводневодокислотних бактерій. Препарат випускають у поліетиленових пакетах місткістю 1–10 кг. За його допомогою можна знешкоджувати до 20 компонентів сирової нафти, включаючи асфальтно-смолисті фракції. Відходи, що містять нафту, в спеціальних барабанах перемішують із субстратами мікроорганізмів у співвідношенні 9 : 1. Підготовлений матеріал укладають шаром 80–100 см і витримують протягом двох років на біомайданчику. Біомайданчик відгороджується за периметром дамбою, основу ущільнюють, укладають плівковий екран і влаштовують дренаж. Дренажна вода забирається насосом і розбризкується поверхнею відходів. Для захисту від водяної і вітрової ерозії біомайданчик засівають травою. Цей спосіб застосовують для очищення забруднених нафтопродуктами ґрунтів, осадів, що містять нафту, стічних вод.

Найбільш простим і розповсюдженим способом утилізації відпрацьованих масел є змішування їх із сировою нафтою і спільною переробкою за повною технологією. Кількість масел, що додаються, не має перевищувати 1 % від обсягу сирової нафти.

Основним напрямом утилізації масел є їхня регенерація. Методи регенерації відпрацьованих масел можна розділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні. Фізичний метод містить відстоювання, центрифугування, фільтрацію, відгін легких паливних фракцій, вакуумну перегонку, що є найбільш ефективною. До фізико-хімічних методів регенерації масел належать: коагуляція забруднень різними ПАВ, контактне очищення відбілюючими глинами й активованими адсорбентами. Відбілююча глина після використання направляється на захоронення. Розроблено і впроваджено технології (Німеччина) з регенерації відбілюючої глини, після чого вона вдруге може використовуватися для виробництва мінеральних масел. Після вторинного використання вона вживається для виробництва цегли. До хімічних методів

очищення належать сірчаноокисле і лужне. Сірчана кислота активно впливає на більшість забруднень і продукти окислювання масел: смоли, асфальтени, нафтеніві кислоти, сірчані сполуки, присадки. Однак, застосування сірчаної кислоти пов'язано з утворенням кислого гудрону, який важко утилізується.

Відпрацьовані масла, що не утилізуються, використовують під час виробництва керамзиту, додаючи їх разом з тирсою як добавку, що вигоряють і спучують.

Шлами, що утворюються під час регенерації масел, можуть бути використані для виробництва дорожніх бітумів.

Рідкі нафтові відходи можуть бути використані для одержання нафтоводяних емульсій (відходи нафти : вода – 3 : 2), що застосовуються для обробки поверхні вугілля під час перевезення у відкритих вагонах чи під час збереження на відкритих складах. Внесена добавка нафтопродуктів згоряє під час спалювання вугілля.

Рідкі відходи нафти використовують також для запобігання змерзання вугілля.

Широко розповсюдженими слабоконцентрованими відходами нафти є відпрацьовані мастильно-охолоджуючі рідини (МОР), що застосовують під час роботи металообробних верстатів, прокатних станів тощо. Для готування МОР використовують емульсоли (5–6 %), основою яких є мінеральне масло, сода (0,2–0,6 %) і вода. Уразі використання МОР забруднюються механічними домішками, густіють у процесі випару вологи, псуються, виділяють неприємний запах.

Основними методами знешкодження МОР є реагентна коагуляція, центрифугування, реагентна напірна флотація, електрокоагуляція, ультрафільтрація і зворотний осмос. Набув поширення термічний спосіб обробки емульсій на випарній установці. Водяні пари охолоджують у конденсаторі і використовують на готування МОР, зневоднений масловміщуючий осад – як добавку до котельного палива.

Одним з видів відходів, що містять нафту, є *кислі гудрони*, що утворюються під час сірчаноокислотного очищення нафтопродуктів. Вони є високов'язкими смолоподібними масами, схожими на смолоподібні. Склад їх коливається у великих межах. У них міститься від 4 % до 85 % невикористаної в процесі очищення вільної сірчаної кислоти, від 8 % до 97 % органічних сполук і води. Значна маса кислих гудронів надходить у відвали.

Утилізують кислі гудрони з метою одержання двооксиду сірки, що переробляється надалі в сірчану кислоту. До кислих гудронів додають відпрацьовану сірчану кислоту, вихід якої в нашій країні значний.

Термічне розщеплення цих відходів проводять у печах за температури 800–1200 °С, водночас відбувається утворення двооксиду сірки і повне згоряння органічних речовин. За умови вмісту органічних речовин 12–25 % додаткового палива не потрібно. Кислі гудрони сірчаноокислотного очищення масел запропоновано переробляти в дорожні бітуми, в активне вугілля з одночасною регенерацією сірчаної кислоти, а також використовувати кислі гудрони з вмістом сірки до 18 % як протифільтраційний екран в основі полігонів ТПВ. У процесі розкладання ТПВ утворюється сильно концентрована рідина (фільтрат) з високим вмістом органічних і мінеральних речовин. Під час контакту кислого гудрону з фільтратом відбувається нейтралізація кислот з утворенням малорозчинних чи нерозчинних солей. Такий екран запроєктований в основі полігона ТПВ у Харкові. За запропонованою технологією кислий гудрон наноситься шаром товщиною 8–10 мм на природну ґрунтову основу з наступним укладанням захисного шару з ґрунту товщиною 20–25 см, а потім відходів.

Ефективним способом утилізації кислих гудронів є добавка їх до цементного клінкера в обертові печі під час виробництва цементу. Органічна частина кислих гудронів вигорає, а вапняні породи взаємодіють з вільною сірчаною кислотою, утворюючи сірчистий кальцій. Водночас скорочуються витрати палива.

Тема 11 Утилізація відходів переробки деревини

Відходи деревини утворюються на всіх стадіях її заготівлі і переробки. На стадії заготівлі відходи утворюються у вигляді гілок, суків, коренів, кори, хмизу, тріски й у сумі складають близько 21 % від усієї маси деревини. Під час переробки деревини на пиломатеріали відходи утворюються у вигляді обпилу, зрізань, шматків, стружок, тирси і складають 35–40 % від маси матеріалів, що переробляються (рис. 2.6).

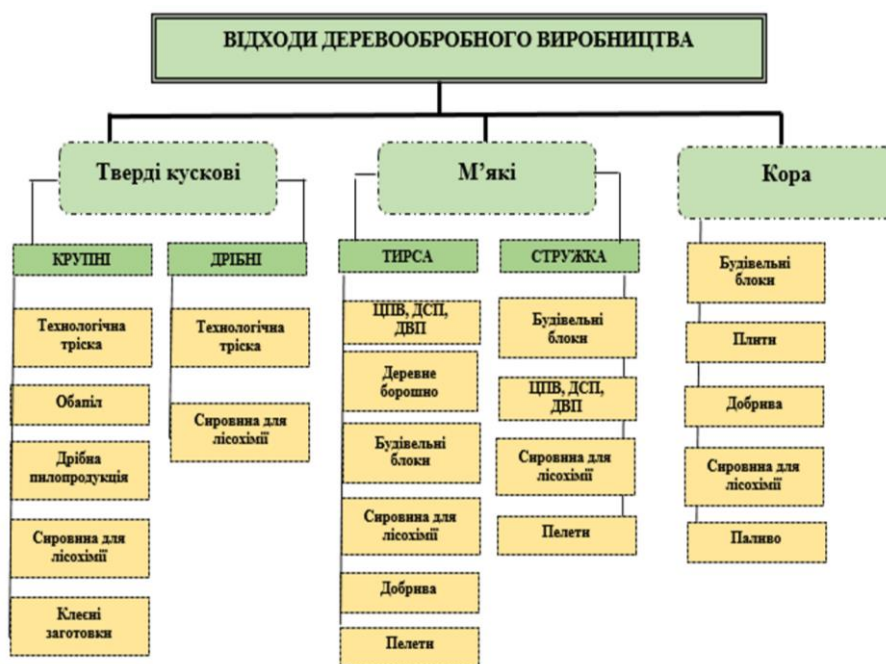


Рисунок 2.6 – Відходи деревообробного виробництва

Відходи на деревообробних заводах під час виготовлення меблів, столярних виробів і інших будівельних матеріалів утворюються у вигляді шматків, стружки, тирси. Кількість їх залежить від якості сировини, що поставляється, типу і розміру продукції, що виготовляється та технічного забезпечення підприємства і його потужності, і складає 40–60 %. Відходи деревини є цінною сировиною для виробництва будівельних матеріалів, меблів, а також для гідролізної, целюлозної й іншої галузей промисловості.

Одним з основних способів переробки й утилізації відходів деревини є одержання штучної деревини – міцного матеріалу, який можна обробляти різанням чи відливати у форми і штампувати. За способом переробки деревних відходів матеріали із них можна розділити на групи: матеріали на основі мінеральних в'язучих, матеріали на основі органічних в'язучих і матеріали без застосування в'язучих.

До матеріалів з деревних відходів на основі мінеральних в'язучих належать арболіт, фіброліт, ксилоліт, тирсобетони, короліт. У цих матеріалах деревні відходи у вигляді тирси, стружки, деревного борошна, дробління, деревного волокна служать заповнювачами. Відходи деревини використовують без попередньої підготовки чи після здрібнювання неділової деревини, шматків на спеціальному устаткуванні. Як заповнювачі для таких матеріалів використовують також відходи рослинного походження – рисову соломку, костриця льону і коноплі. Костриця – відхід первинної переробки стебел коноплі і льону. У якості в'язучих можуть використовуватися будь-які види мінеральних в'язучих: цемент, гіпс, каустичний магнезит, але основним серед них є портландцемент. Просоченням деревних заповнювачів мінералізаторами і наступним змішуванням з мінеральними в'язучими забезпечується біостійкість і вогнестійкість цих матеріалів.

За призначенням матеріали на основі мінеральних в'язучих розділяють на конструкційні, тепло- і звукоізоляційні, конструкційно-ізоляційні.

Арболіт – це легкий бетон на деревних заповнювачах, що застосовується у промисловому, цивільному і сільськогосподарському будівництві у вигляді панелей, блоків, плит перекриттів і покриттів, теплоізоляційних і звукоізоляційних плит (рис. 2.7).

Фіброліт – це матеріал, аналогічний арболіту. Як заповнювачі використовують деревні волокна, що отримують з деревної неділової деревини хвойних порід на спеціальних верстатах, а також відходи рослинного походження (рис. 2.8).



Рисунок 2.6 – Арболіт



Рисунок 2.7 – Фіброліт

Ксилоліт – це матеріал, що складається з деревної тирси і магнезійного в'язучого (каустичного магнезиту). Цей матеріал застосовується, в основному, для облаштування підлог. Перевагами ксилолітових підлог є достатня твердість, низька стиранність, гігієнічність (рис. 2.8).

Тирсобетони – матеріали, що містять у своєму складі, крім тирси, пісок чи інші мінеральні заповнювачі й у якості в'язучого – цемент. Тирсобетони застосовують для виготовлення стінових блоків у малоповерхових і сільськогосподарських будинках (рис. 2.9).



Рисунок 2.8 – Ксилоліт

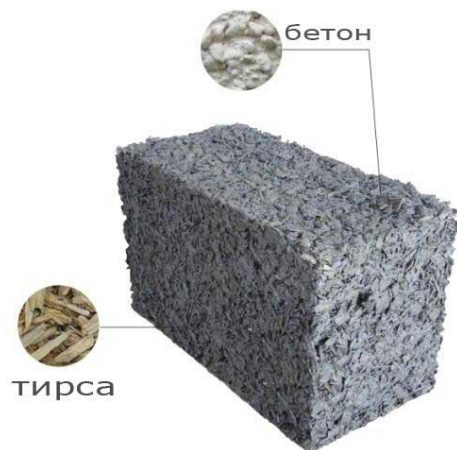


Рисунок 2.9 – Тирсобетон

Короліт – матеріал, вироблений на основі мінерального в'язучого і кори. При застосуванні кори у виробництві короліта її попередньо підсушують, подрібнюють і просівають для видалення пилу. В'язучими служать гіпс чи цемент. Застосовують короліт як утеплювач при облаштуванні стін і підлог.

До матеріалів з деревних відходів на основі органічних складових належать деревинно-стружкові і деревинно-тирсові плити, клеєна деревина.

У якості органічних складових використовують термореактивні полімери, що під впливом температури близько 100 °С чи затверджувачів здатні перетворюватися у тверді, неплавкі і нерозчинні речовини. Для склеювання деревних відходів використовують сечовино-формальдегідні і фенолформальдегідні смоли. Найбільш поширене застосування сечовино-формальдегідних смол, що мають ряд переваг: вони твердіють при нагріванні, швидкість їх затвердіння регулюється, мають високу міцність склеювання і світле зафарбування. У якості затверджувача цих смол застосовують хлористий чи сірчаноокислий амоній у кількості 2 % від маси смоли. Фенолформальдегідні смоли під час нагрівання твердіють без введення каталізаторів. Але, у порівнянні з сечовино-формальдегідними, цим смолам необхідні більш висока температура і витримка під час пресування.

Деревинно-стружкові і деревинно-тирсові плити (ДСП і ДТП) отримують гарячим пресуванням здрібненої деревини, змішаної з зв'язувальними речовинами. Плити випускають товщиною 10–22 мм, довжиною 2 440–5 500 мм, шириною 1 220–2 440 мм. ДСП і ДТП застосовують для облаштування підлог, стель, стін, перегородок, дверей, меблів.

Клеєну деревину виготовляють зі шматків відходів лісопиляння і деревообробки у вигляді панелей, щитів, брусів, дощок. Для склеювання завдовжки коротких дощок і обрізків з боку їхньої склейки обрізають торці, вирізують зубцюваті шипи, потім торці просочують клеєм. Стиковані дошки укладають у прес, де витримують до повного затвердіння клею від 6 до 18 годин. По ширині і товщині кускові відходи склеюють упродовж декількох хвилин на напівавтоматичних установках із прогрівом клейових з'єднань струмами високої частоти. Використовують клеєну деревину для облаштування перегородок, підлог, щитів під паркет.

Матеріали з деревних відходів можуть виготовлятися без спеціальних зв'язуючих чи з невеликою їх добавкою. У таких матеріалах частки деревини

зв'язуються в результаті зближення і переплетення волокон і фізико-хімічних зв'язків, що виникають у разі п'єзотермічної обробки. У такий спосіб виготовляють деревинно-волокнисті плити (ДВП) і деревні пластики. ДВП виготовляють мокрим і сухим способами. Під час мокрого способу виготовлення деревні відходи подрібнюють до тонкого волокна і завантажують у басейни, де їх перемішують з водою до утворення гідромаси. Для поліпшення властивостей виробів гідромасу обробляють емульсіями хімічних речовин. Для підвищення механічної міцності, термостійкості і водостійкості в масу вводять до 5 % термореактивних полімерів. За допомогою пресового устаткування з приготовленої сировини виготовляють м'які ізоляційні, тверді і надтверді плити. Під час сухого способу виробництва деревинно-волокнисту масу з додаванням синтетичної смоли 4–8 % подають на гаряче пресування. М'які плити використовують для тепло- і звукоізоляції, тверді і надтверді плити – для обробки стін, стель, виготовлення щитових дверей, у меблевій промисловості.

Деревні пластики — пластифіковані деревні матеріали, що одержуються комплексною механічною, термічною та хімічною обробками сировини (обпилювань, лущеного шпону, подрібненої деревини чи іншої рослинної сировини) без введення спеціальних в'язучих. Технологічний процес виробництва складається з підготовки, сушіння і дозування деревних часток, формування килима, холодного його підпресування, гарячого пресування й охолодження без зняття тиску. Під час гарячого пресування під впливом температури відбувається частковий гідроліз деревини. У результаті утворюється більш щільний і міцний матеріал, ніж деревина. У порівнянні з іншими деревними матеріалами, деревний пластик має ряд переваг: значна механічна міцність, вологостійкість, добрі електроізоляційні властивості, немає токсичних виділень у навколишнє природне середовище. Їх використовують як конструкційний, електроізоляційний, стіновий та виробний матеріал у машино- й суднобудуванні, електротехніці, будівництві тощо. Для виготовлення деревного пластику потрібно потужне пресове устаткування. Деревні пластики поділяють на деревношаруваті пластики та деревнопластичні маси.

Деревношаруваті пластики (наприклад, дельта-деревина, лігнофоль) виготовляють у вигляді плит із шпону, який просочують синтетичними смолами, потім підсушують, складають у пакети і пресують під тиском 10–17,5 МПа за температури 120–150 °С. Довжина таких плит 700–5 600 мм, ширина 800–1 200 мм, товщина 1–60 мм. Для зміцнення плит застосовують сталеві сітки, фольгу, прогумовану тканину тощо. Інший вид – деревно-пластичні маси (це перш за все, профільні вироби — втулки, підшипники, зубчасті колеса, плиткові матеріали — паркетні плитки та інше) виготовляють з подрібненої деревини, яка просочена синтетичними смолами у пресувальних формах.

Деревні відходи використовують як сировину під час виробництва целюлози, тарного картону, гідролізного спирту, кормових дріжджів. Чисті ялинові обпилювання і стружки деревообробних цехів є сировиною для виготовлення деревного борошна, що вживається як наповнювач у виробництві фенольних пластмас, лінолеуму, вибухових речовин, п'єзотермопластиків.

Пелети – це гранули циліндричної форми з пресованої деревини. Основа гранул – деревна тирса, до якої додають тріски з сучків, тонких гілок, кори, коренів, інших відходів лісозаготівлі. Можливе також застосування соломи, лушпиння і стебел соняшнику, стебел кукурудзи та інших рослинних матеріалів. Від добавок залежать властивості отриманих гранул (рис. 2.10).

Деревні пелети – ефективне біопаливо. Деревні паливні гранули з невеликою кількістю домішок використовують у домашніх опалювальних котлах, а зі значною кількістю – у промислових. Також попіл деревних гранул застосовують як добриво на сільськогосподарських полях.

Деревні паливні брикети – це невеликі циліндричні пресовані деревні вироби діаметром 4–12 см, завдовжки 20–50 см, перероблені з висушених залишків деревообробного та лісопильного виробництва: тирса, стружка, деревне борошно, тріска, деревний пил тощо. Брикети використовуються в

котлах для отримання теплової та електричної енергії шляхом спалювання (рис. 2.11).



Рисунок 2.10 – Деревні пелети

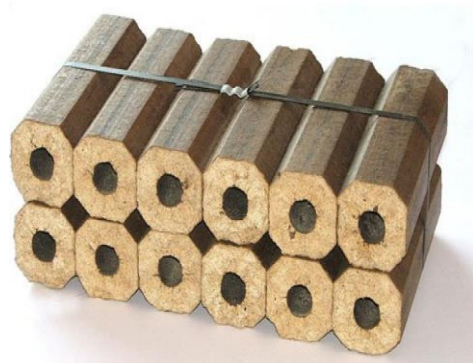


Рисунок 2.11 – Брикети

Соснову стружку використовують для доочищення стічних вод, що містять нафту. Деревну тирсу застосовують як вигоряючу добавку під час виробництва цегли, пористого заповнювача – керамзиту.

Отож, відходи деревообробної промисловості можуть широко застосовуватись для виготовлення різноманітних будівельних матеріалів та виробів. Такі будівельні матеріали використовують у різних сферах будівництва та мають неабияку перевагу з точки зору економічної доцільності.

Тема 12 Утилізація відходів виробництва будівельних матеріалів

Під час видобутку сировини для цементної і вапняної промисловості, гірських порід для щебеню, лицевального і стінового матеріалу, інших будівельних матеріалів утворюються розкривні породи, що характеризуються великою неоднорідністю. Використовуються вони, як правило, для планувальних робіт, рекультивації порушених земель, улаштування насипів тощо.

Під час видобутку лицевального каменю, переробці на щебінь гірських порід, виробництві вапна, цементу утворюються відходи у вигляді відсіювання і негабариту. Основна маса цих відходів придатна для переробки на щебінь, пісок, кам'яне борошно. Відходи виробництва будівельних матеріалів

використовують у самому технологічному процесі як добавки до сировини чи напівфабрикатів.

У промисловості, будівництві, міському господарстві утворюються великі обсяги битого скла, битого посуду, ламп накалювання, медичних ампул тощо. Основним напрямком утилізації склобою є повернення його в технологічний процес. Підготовка склобою до використання полягає в здрібнюванні, видаленні металевих включень за допомогою магнітних установок, мийці, сортуванні. Собівартість скломаси зі склобою в 6 разів нижча ніж із кварцевого піску.

Бите скло використовується також у виробництві тепло- і звукоізоляційних матеріалів, зокрема скловолкна.

З відходів листової шибки отримують скляну емальовану плитку. Скло ріжуть на плитки розміром 150 мм × 150 мм, покривають емаллю з титанових руд з добавкою керамічних фарб і обпалюють за температури 750–800 °С. Емаль розплавляється і спікається з поверхнею скла.

З порошку скляного бою шляхом спікання з утворювачами газу за температури 800–900 °С отримують піноскло. Воно добре пиляється, свердлиться, шліфується, має високу водо- і морозостійкість. Цей матеріал можна застосовувати як теплоізоляційний для теплових мереж у разі безканалльної прокладки, у конструкціях холодильників, судах рефрижераторів, хімічних фільтрах.

На основі бою тарного і будівельного скла виготовляють пористий заповнювач – гранульоване піноскло. Воно може бути використане для виробництва теплоізоляційних легкобетонних плит.

У суміші з пластичними глинами склобій може слугувати основним компонентом керамічних мас для виготовлення лицювальної плитки і цегли. Бите скло застосовують також як декоративний матеріал у кольорових штукатурках, мелене скло – як присипку для масляної фарби, для виготовлення наждакового паперу.

Великі обсяги відходів складають некондиційні, браковані бетонні і залізобетонні вироби, а також конструкції, що утворюються під час знесення будинків, залишки бетону на будівельних майданчиках. Переробка таких відходів полягає в руйнуванні конструкцій за допомогою спеціального устаткування, вилучення арматури (металу), дробленні, фракціонуванні, промиванні. Дроблений бетон використовують як крупний заповнювач під час виробництва бетону.

Значні кількості керамічного бою утворюються на керамічних підприємствах і будівельних майданчиках. Бій глиняної цегли використовують після дроблення як щебінь у будівельних роботах загального призначення і під час виготовлення бетону.

Контрольні запитання до модуля 2

1. Що таке промислові відходи?
2. Які промислові відходи називаються утилізованими, а які неутілізованими?
3. Назвіть класи небезпеки відходів. На чому базується той чи інший клас небезпеки відходів?
4. Чим визначаються чи від чого залежать розміри санітарно-захисних зон від місця зберігання відходів (промисловий майданчик) до сельбищної території?
5. Як зберігають промислові відходи I класу небезпеки?
6. Як зберігають промислові відходи II класу небезпеки?
7. Як зберігають промислові відходи III класу небезпеки?
8. Як зберігають промислові відходи IV класу небезпеки?
9. Які вимоги щодо розміщення промислових полігонів?
10. Навести характеристику відходів видобутку вугілля.
11. Навести характеристику відходів вуглезбагачення.
12. Дати характеристику золошлакових відходів.
13. Навести характеристику відходів видобутку залізної руди.

14. Навести характеристику відходів збагачення залізної руди.
15. Навести характеристику металургійних шлаків.
16. Дати характеристику шлаків кольорової металургії.
17. Навести характеристику пилу та шламів металургійного виробництва.
18. Дати характеристику відходів гальванічних виробництв.
19. Дати поняття, що являє собою горіла формувальна земля.
20. Навести характеристику лому та відходів кольорових металів.
21. Назвати основні відходи виробництв фосфору, фосфорної кислоти та добрив.
22. Навести характеристику відходів виробництва калійних добрив.
23. Навести характеристику дистилярної рідини.
24. Охарактеризувати піритні недогарки.
25. Показати основні відходи та їх характеристику в коксохімічному виробництві.
26. Назвати та дати характеристику відходів виробництва та споживання пластмас.
27. Назвати та дати характеристику відходів виробництва та споживання гуми.
28. Показати, де з'являються відходи, що містять нафту. Охарактеризувати їх властивості.
29. Охарактеризувати методи знешкодження відходів, що містять нафту.
30. Дати характеристику кислих гудронів та назвати методи знешкодження.
31. Охарактеризувати основні способи переробки й утилізації відходів деревини.
32. Назвати та дати характеристику матеріалів з відходів деревини на основі мінеральних в'язучих.
33. Назвати та дати характеристику матеріалів з відходів деревини на основі органічних в'язучих.

34. Назвати та дати характеристику матеріалів з відходів деревини без застосування в'язучих.

35. Назвати основні відходи будівельного виробництва та способи їх використання.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ СПЕЦИФІЧНИХ ВИДІВ ВІДХОДІВ

Тема 13 Утилізація медичних відходів

Згідно з Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року [11], *медичні відходи* – це відходи, що утворюються в лікувально-профілактичних установах та інших закладах охорони здоров'я, що проводять медичні процедури, незалежно від форми власності, в установах і лікувально-профілактичних закладах санаторного лікування, аптеках, науково-дослідних інститутах і навчальних медичних закладах. Отже, із законодавства про медичні відходи виключено неякісні лікарські засоби, що утворилися не в лікарнях і аналогічних установах. В Базельській конвенції про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням (1989 р.) [12], до якої Україна приєдналась у 1999 році, медичними відходами є відходи, що утворились у результаті лікарського догляду за пацієнтами в лікарнях, поліклініках та клініках; відходи виробництва і переробки фармацевтичної продукції; непотрібні фармацевтичні товари, ліки та препарати.

У 1979 році Всесвітня організація охорони здоров'я до числа *небезпечних медичних відходів* віднесла «інфекційні відходи, гострі предмети, анатомічні та патологічні відходи, застарілі або прострочені хімічні продукти, фармацевтичні препарати і радіоактивні матеріали». Медичні відходи є одними із найнебезпечніших: вони містять патогенні мікроорганізми та токсичні речовини, призводять до прямого чи опосередкованого забруднення середовища, є причиною інфекційних та неінфекційних хвороб.

Крім того, медичні відходи у переважній більшості є біологічно активними синтетичними сполуками, аналоги яких відсутні у природі, що утруднює процес їх безпечної природної утилізації. Отож, все це разом видалається на полігони ТПВ або звалища, звідки разом з фільтратом, що утворюється в тілі полігону, просочується у ґрунт та водоносні горизонти та, як наслідок, створює серйозну екологічну небезпеку для довкілля та здоров'я

людини. В результаті відбувається неконтрольоване потрапляння небезпечних медичних відходів у НПС (рис. 3.1), у складі яких містяться антибіотики, антисептики, цитостатичні засоби, препарати з гормонотропною, психотропною й наркотичною дією та інші фізіологічно активні речовини, які, потрапляючи в НПС, можуть суттєво порушити екологічний баланс та призвести до непрогнозованих наслідків [13].

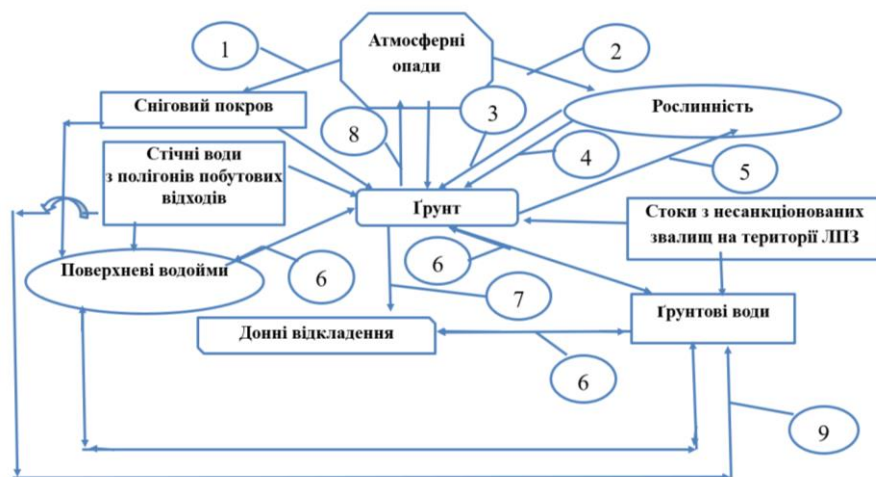


Рисунок 3.1 – Позначення механізмів надходження медичних відходів у навколишнє природне середовище:

- 1 – акумуляція зі снігом; 2 – концентрація на стовбурах, листках і стеблах;
- 3 – атмосферні опади; 4 – змив опадів і промислового пилу з дощем та снігом;
- 5 – кореневе живлення; 6 – взаємна інфільтрація розчинів; 7 – змив в донні відкладення; 8 – вітрове пилоунесення; 9 – інфільтрація розчинів

В Україні щорічно утворюється 380–400 тис. тонн медичних відходів, з них – 100–120 тис. тонн – небезпечні. Порівняно з іншими розвиненими країнами, утворення медичних відходів у нашій державі є дещо меншим, проте відсутність ефективної системи поводження з ними ставить Україну в ранг неблагополучних держав у сфері раціонального й безпечного управління відходами медичних закладів, тому вирішення проблеми утилізації МВ має невідкладний характер, оскільки такі відходи мають значний ступінь зараження патогенною мікрофлорою, можуть бути причиною спалаху інфекцій та

епідемії, поширення туберкульозу, гепатиту, СНІДу, а також спричиняти фізичні ураження (рис. 3.2). Від того як утилізують медичні відходи, залежить екологічна безпека НПС та здоров'я населення [13].

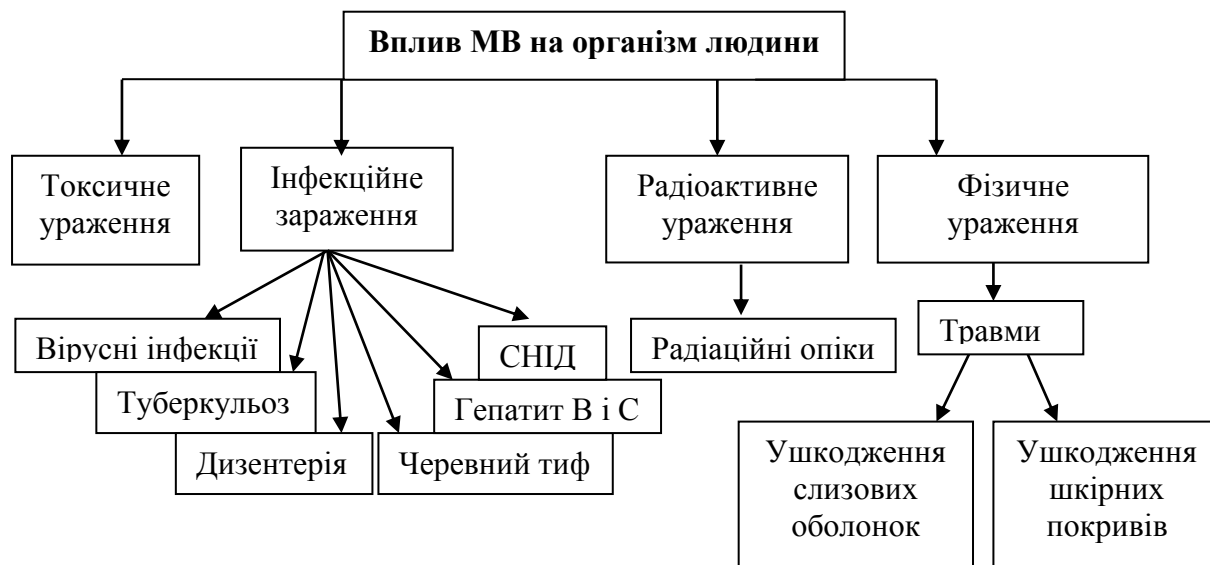


Рисунок 3.2 – Вплив медичних відходів на організм людини

Джерела медичних відходів:

- лікарні та інші медичні заклади;
- лабораторії та дослідні центри;
- морги та центри аутопсії;
- лабораторії, де виконуються дослідження та тестування тварин;
- банки крові та служби, що виконують забір крові;
- заклади догляду за людьми похилого віку, онкологічними хворими тощо.

До медичних відходів відносять: шприци, перев'язочний матеріал, медичні системи, біологічний матеріал, лабораторні відходи, медичні інструменти й інші матеріали, що виникають у медичній діяльності.

Медичні відходи поділяються на такі категорії:

- категорія А – побутові відходи (безпечні відходи);

- категорія В – епідемічно (інфекційно) небезпечні відходи;
- категорія С – токсикологічно небезпечні відходи;
- категорія D – радіологічно небезпечні відходи [14].

Система поводження з відходами в закладі складається з таких етапів:

- 1) сортування відходів;
- 2) нейтралізація або дезактивація відходів (за потреби);
- 3) збирання відходів;
- 4) маркування відходів;
- 5) перенесення відходів у корпусні / міжкорпусні (накопичувальні) місця тимчасового зберігання в межах закладу (за потреби);
- 6) оброблення або знешкодження відходів (за потреби та в разі наявності ліцензії у закладу);
- 7) транспортування відходів до об'єктів поводження з відходами, окрім відходів категорії D, поводження з якими регулюється Законодавством України щодо поводження з радіоактивними відходами і нормами радіаційної безпеки [14].

На жаль, сьогодні немає цілісної налагодженої системи, яка б забезпечувала всі етапи поводження з МВ, що представлені на рис.3.3. Не існує також єдиних правил утилізації МВ, оскільки вони розрізняються для кожного типу відходів. Це пов'язано з тим, що МВ дуже специфічні і мають свою класифікацію за ступенем небезпеки (рис.3.3). І оскільки загальна мета управління відходами полягає в запобіганні екологічної небезпеки від МВ, то акцент потрібно ставити саме на аспекті «управління» процесом.



Рисунок 3.3 – Схема поводження із медичними відходами [15].

Основні методи утилізації МВ представлені на рисунку 3.4. Але найчастіше поводження з МВ зводиться лише до знезараження хімічними і фізичними методами на місці їх утворення, поховання зазначених засобів на звалищах ТПВ, змив їх у каналізацію та використання високотемпературного спалювання. Водночас не приділяється достатньої уваги екологічній безпеці [13].

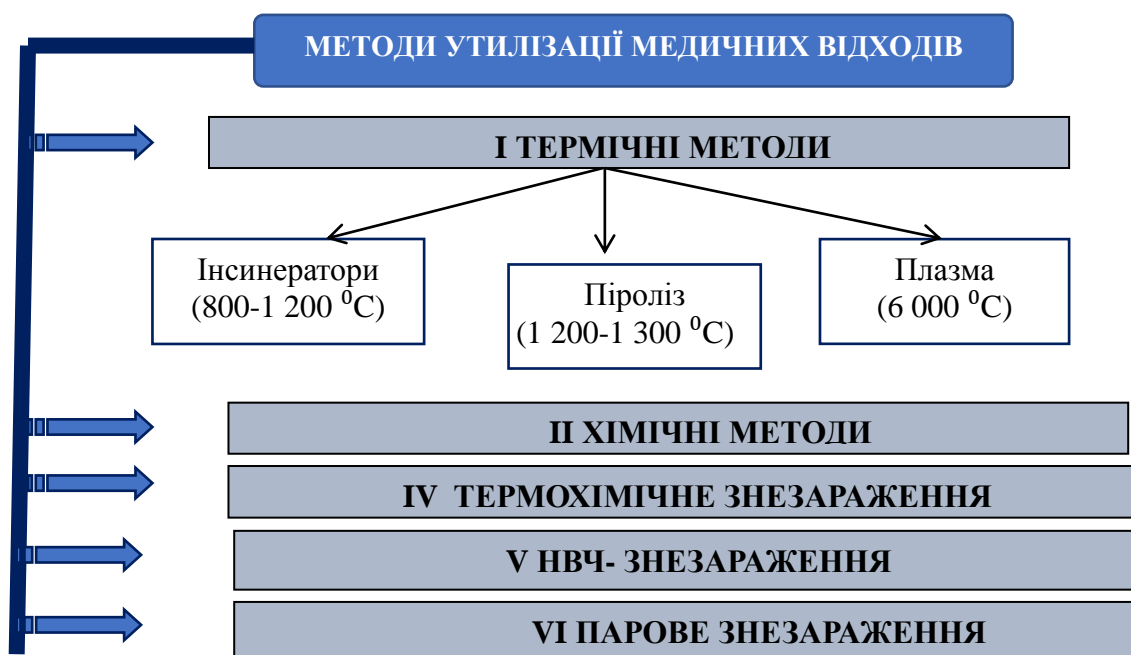


Рисунок 3.4 – Основні методи утилізації медичних відходів

Отже, медичні відходи, поводження з ними та їх утилізація є важливою епідеміологічною і екологічною складовими безпеки населення України.

Тема 14 Утилізація радіоактивних відходів

Україна є країною, в якій відбулась аварія на Чорнобильській АЕС, що призвела до найбільшого в історії викиду радіоактивних матеріалів зі зруйнованого ядерного реактора. Відтоді вирішення проблеми радіоактивних відходів, спричинених руйнуванням реактора, є першочерговим завданням української держави.

Згідно з Законом України «Про поводження з радіоактивними відходами [16], *радіоактивні відходи* – матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені нормами, за умови що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається в будь-якому технологічному процесі або виробництві. До радіоактивних відходів належать також відпрацьовані закриті джерела іонізуючого випромінювання після внесення відповідної інформації до Державного реєстру радіоактивних відходів.

Радіоактивні відходи поділяються на такі класи:

- за питомою активністю: дуже низькоактивні, низькоактивні, середньо активні, високоактивні;
- за агрегатним станом: рідкі та тверді;
- за періодом напіврозпаду: короткоіснуючі та довгоіснуючі.

Довгоіснуючі РАВ – відходи, рівень звільнення яких від контролю з боку органу державного регулювання досягається через триста років і вище після їх поховання.

Короткоіснуючі РАВ – відходи, рівень звільнення яких від контролю з боку органу державного регулювання досягається раніше, ніж через триста років після їх поховання.

Очікується, що потенційні дози опромінювання через 300 років становитимуть менше 1 мЗв/рік для короткоіснуючих і понад 50 мЗв/рік для

довгоіснуючих продуктів розпаду. Ця класифікація визначає характер захоронення відходів – чи буде їх захоронено в поверхневих сховища або в глибоких геологічних формаціях.

РАВ також поділяються на групи, належність до яких визначається в залежності від значення «рівня вилучення», як це продемонстровано у таблиці 3.1.

Зберігання та захоронення радіоактивних відходів дозволяється виключно у спеціально призначених для цього сховищах відповідного типу, а саме: поверхневому сховищі, приповерхневому сховищі, сховищі для захоронення радіоактивних відходів на середніх глибинах, геологічному сховищі. Тип сховища для захоронення радіоактивних відходів визначається відповідно до класу радіоактивних відходів [16].

Таблиця 3.1 – Класифікація радіоактивних відходів за критерієм «рівень вилучення» [20]

Група РАВ	Тверді РАВ	Рівень вилучення, кБк/кг
1	Трансуранові альфа-випромінюючі радіонукліди	0,1
2	Альфа-випромінюючі радіонукліди	1
3	Бета-, гамма-випромінюючі радіонукліди (за винятком віднесених до групи 4)	10
4	H-3, C-14, Cl-36, Ca-45, Mn-53, Fe-55, Ni-59, Ni-63, Nb-93m, Tc-99, Cd-109, Cs-135, Pm-147, Sm-151, Tm-171, Tl-204	100

Захоронення радіоактивних відходів – розміщення радіоактивних відходів у сховищі, без наміру їх вилучення, з метою утримання та ізоляції радіоактивних відходів від біосфери.

Зберігання радіоактивних відходів – розміщення радіоактивних відходів на об'єкті, на якому забезпечуються їх ізоляція від навколишнього природного середовища, фізичний захист і радіаційний моніторинг, а також можливість подальшого вилучення, переробки, перевезення та захоронення.

Згідно із Законом України «Про поводження з радіоактивними відходами» [16], *сховище радіоактивних відходів* – це споруда для зберігання

або захоронення радіоактивних відходів з обов'язковим забезпеченням інженерних, геологічних, фізичних та інших бар'єрів, що перешкоджають міграції радіонуклідів [16].

Поверхнєве сховище для захоронення радіоактивних відходів – сховище, облаштоване у споруді, траншеях або на поверхні землі, з простими інженерними бар'єрами, що забезпечують утримання та ізоляцію радіоактивних відходів від біосфери.

Приповерхнєве сховище для захоронення радіоактивних відходів – споруда, розташована на поверхні чи у приповерхневому шарі землі (на глибині до декількох десятків метрів), обладнана системою інженерних бар'єрів з метою забезпечення утримання та ізоляції радіоактивних відходів від біосфери.

Геологічне сховище для захоронення радіоактивних відходів – споруда, облаштована в глибоких геологічних формаціях, у прогнозованих геологічних умовах (зазвичай на глибині більше 100 метрів) з метою забезпечення довготривалого утримання та ізоляції радіоактивних відходів від біосфери.

Під час зберігання або захоронення радіоактивних відходів забезпечується надійність їх ізоляції від навколишнього природного середовища системою природних та штучних бар'єрів.

Радіаційна безпека сховищ радіоактивних відходів у звичайних умовах забезпечується дотриманням норм та правил з ядерної та радіаційної безпеки.

Радіаційна безпека сховищ радіоактивних відходів у разі екстремальних природних явищ (землетруси, повені, урагани тощо) чи аварійних ситуаціях забезпечується науково обґрунтованими проєктними рішеннями щодо можливих сценаріїв подій, якими буде доведено неперевищення меж, встановлених нормами та правилами ядерної та радіаційної безпеки.

Радіоактивні відходи підлягають захороненню з обов'язковим переведенням їх у форму, що гарантує виконання норм і правил з ядерної та радіаційної безпеки.

Відпрацьовані закриті джерела іонізуючого випромінювання, залежно від їх характеристик, можуть бути захоронені у сховищах різного типу

(відпрацьовані закриті джерела іонізуючого випромінювання – закриті джерела іонізуючого випромінювання, строк служби яких закінчився та не був продовжений, подальше використання яких не передбачається та які підлягають передачі до спеціалізованого підприємства з поводження з радіоактивними відходами або поверненню підприємству, що їх виготовило).

Відпрацьоване ядерне паливо, що не підлягає переробці, після відповідної витримки зберігається у спеціальних сховищах відпрацьованого ядерного палива, забезпечених багатобар'єрною системою ізоляції і захисту та обладнаних технічними засобами вилучення палива із цього сховища.

Упродовж усього часу зберігання або захоронення радіоактивних відходів регулярно здійснюється контроль за їх станом, радіаційною обстановкою у сховищах радіоактивних відходів та навколишньому природному середовищі.

Основними принципами безпеки під час поводження з РАВ до їх захоронення є [17]:

- мінімізація РАВ;
- взаємозалежність стадій поводження з РАВ;
- зниження тягаря на майбутні покоління;
- забезпечення культури безпеки;
- зобов'язання щодо забезпечення безпеки;
- реалізація стратегії глибокоешелонованого захисту;
- застосування апробованої інженерно-технічної практики;
- впровадження системи управління діяльністю;
- урахування людського фактору;
- урахування досвіду поводження з РАВ;
- забезпечення радіаційного захисту;
- забезпечення захищеності;
- оцінка безпеки об'єктів, призначених для поводження з РАВ до їх захоронення.

Глибокоешелонований захист – сукупність послідовних фізичних бар'єрів на шляху розповсюдження радіоактивних речовин та іонізуючого випромінювання в сукупності з технічними засобами і організаційними заходами, що спрямовані на недопущення відхилення від нормальних умов експлуатації, запобігання аваріям і обмеження їх наслідків [18].

В Україні активні блоки на чотирьох АЕС, в результаті діяльності яких утворюються три основні види радіоактивних відходів (РАВ): газоподібні, рідкі та тверді.

За оцінками, загальний обсяг твердих та рідких РАВ в Україні складає 2 960 000 м³ і 42 340 м³ відповідно. Частка ядерних відходів на різноманітних об'єктах є такою (табл. 3.2, 3.3) [21].

Таблиця 3.2 – Тверді радіоактивні відходи

Місцезнаходження	Частка від загального обсягу твердих відходів (%)
Зона відчуження (Пункти тимчасової локалізації РАВ)	72,4
Об'єкт «Укриття» над зруйнованим реактором енергоблоку №4 ЧАЕС	20,2
Сховища радіоактивних матеріалів	5,8
Територія Чорнобильської АЕС	0,1
Атомні електростанції	1,3
Сховища РАВ УкрДО «Радон»	0,2

Таблиця 3.3 – Рідкі радіоактивні відходи

Місцезнаходження	Частка від загального обсягу рідких відходів (%)
Чорнобильська АЕС	47,2
Інші атомні електростанції	43,9
Об'єкт «Укриття»	5,9
Сховища РАВ УкрДО «Радон»	1,9
Дослідні атомні реактори	1,1

За оцінками, обсяг твердих РАВ, що зберігаються на ЧАЕС, складає 21 000 м³, а обсяг рідких радіоактивних відходів – 2 500 м³ [21].

Утворення рідких РАВ (РРВ) на АЕС пов'язане з особливостями технологічного процесу та не передбаченими цим процесом протіканнями

рідких радіоактивних середовищ, система поводження з РРВ складається, загалом, із джерел їх утворення та установок зберігання й переробки.

На АЕС утворюються такі види РРВ [19]:

- *кубовий залишок* як наслідок переробки трапних вод і вод спецпралень на випарних установках спецводоочищення;
- *відпрацьовані сорбенти*, що надходять з фільтрів установок спецводоочищення у разі вичерпання ресурсу іонообмінного матеріалу, а також інші відпрацьовані фільтрувальні матеріали;
- *шлами та пульпи*;
- *відпрацьовані мастила* та змішані рідини.

Перед переробкою РРВ збирають у баки для тимчасового зберігання та витримування. Система зберігання РРВ на АЕС складається з вузлів збору та тимчасового їх зберігання. Кубовий залишок, фільтрувальні матеріали разом із шламами та мастильні матеріали зберігаються окремо. Відпрацьовані фільтрувальні матеріали, сорбенти системою гідротранспорту подаються в резервуари, де зберігаються під шаром води.

Схема переробки первинних РРВ на АЕС з реакторами типу ВВЕР містить випарні апарати спецводоочищення та вузол реагентів. Після упарювання первинних рідких радіоактивних середовищ на установках спецводоочищення одержують кубовий залишок, до складу якого входять нерозчинні й розчинні солі натрію, а також заліза, магнію, кальцію тощо. У процесі переробки радіоактивні та інші хімічні речовини виділяють з відходів, а очищену воду повертають у технологічний процес.

Сьогодні для ствердіння РАВ досить широко у багатьох країнах застосовується спосіб бітумування, за якого радіоактивні відходи змішують з бітумом. Бітум – продукт перегонки нафти або кам'яного вугілля. Гідростійкість бітуму забезпечує досить надійну гідроізоляцію залучених компонентів. Бітуми привертають увагу такими позитивними якостями, як непроникність, пластичність, достатня хімічна інертність, невисока вартість, стійкість до впливу мікроорганізмів.

Останнім часом розробляються технології, в яких бітум замінюють штучними полімерами.

Полімеризація проходить, як правило, без нагрівання. Метод полімеризації особливо зручний для фіксації відпрацьованих іонообмінників. Апаратура водночас може бути використана та сама, що й для бітумування. Полімерні продукти мають за деякими параметрами кращі, в порівнянні з бітумом, властивості. Полімери мають добру хімічну стійкість. Термореактивні смоли як зв'язувальні матеріали відрізняються простотою здійснення процесу ствердіння й деякими позитивними властивостями стверділого продукту – стійкістю до впливу механічних, термічних і радіаційних навантажень.

Поводження з радіоактивними відходами в інших країнах. В інших країнах діє різна політика щодо РАВ [19].

Наприклад, Швеція не передбачає використання (переробку) після вивантаження РАВ з реакторів. Згідно з державною політикою, після вивантаження з реакторів і витримки в пристанційних сховищах відходи мають бути розміщені та ізольовані у кристалічних породах. Радіоактивні відходи, які довго живуть, планують розмістити у пункті геологічного захоронення на глибині близько 300 м. Короткоживучі РАВ зберігаються неподалік від АЕС Форсмарк на глибині близько 60 м, під дном Балтійського моря.

Німеччина не здійснює переробку відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), але користується послугами Франції та Великобританії для переробки свого відпрацьованого палива. Проте у Німеччині є три майданчики для захоронення РАВ з незначним залишковим тепловиділенням: майданчик «Конрад» (захоронення ще не ведеться), «Асі-2» та «Морслебен», а також два майданчики для поверхневого зберігання РАВ: «Горлебен» (радіоактивні відходи з високим рівнем тепловиділення і ВЯП) та «Ахаус».

У Фінляндії, як і в Швеції, затверджена стратегія прямого захоронення ВЯП, тобто відпрацьоване паливо віднесене до категорії ядерних відходів. Радіоактивні відходи розміщують на глибині 60–110 м на майданчиках «Ловіса» та «Олкілуото». ВЯП планується інкапсулювати та розмістити в

пункті геологічного захоронення на глибині 500 м в скельних породах на майданчику «Онкало» поблизу АЕС Олкілуото.

Ядерна програма Франції передбачає закритий ядерний паливний цикл, тому ВЯП не належить до категорії відходів. На сьогоднішній день у Франції напрацьовано близько 1 460 000 м³ радіоактивних відходів різних категорій. Частина з них вже розміщена у пунктах захоронення.

Поводження з радіоактивними відходами на ЧАЕС.

Усі РАВ ЧАЕС поділяються на 2 види:

1. РАВ нормальної експлуатації – ті, що утворилися у результаті робочих процесів експлуатації енергоблоків.

2. Аварійні РАВ – ті, що утворилися у результаті аварії 1986 року та її ліквідації (включно з відходами об'єкта «Укриття»).

За походженням РАВ класифікують:

1. Накопичені дотепер рідкі та тверді РАВ, розміщені у наявних на майданчику сховищах.

2. Експлуатаційні рідкі та тверді РАВ, що утворюються під час підтримки у безпечному стані обладнання, що залишилося в експлуатації на блоках ЧАЕС.

3. Рідкі та тверді РАВ об'єкта «Укриття».

4. Рідкі та тверді РАВ, що утворюються під час роботи зі зняття з експлуатації (зокрема під час роботи об'єктів з поводження з РАВ).

5. Тверді РАВ, що утворюються під час роботи з перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему [22].

На Чорнобильській АЕС наявні усі види РАВ за активністю: низькоактивні, середньоактивні та високоактивні. Це значною мірою ускладнює роботу з відходами, оскільки уся інфраструктура поводження мусить мати можливість характеризувати РАВ за ступенем активності та бути пристосованою до роботи з високоактивними матеріалами.

Прогнозований об'єм РАВ у разі зняття з експлуатації енергоблоків ЧАЕС та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему

складає 177 255 м³, що за об'ємом приблизно дорівнює 70-ти «олімпійським» басейнам. Частка рідких РАВ складає 36 148 м³, твердих – 141 107 м³.

Чорнобильська АЕС у своїй діяльності з поводження з РАВ керується принципом мінімізації кількості радіоактивних матеріалів та радіоактивно забруднених територій. Для реалізації цього принципу використовується практика максимального повторного використання матеріалів та їх дезактивації.

На сьогодні на майданчику ЧАЕС використовують такі об'єкти поводження з РАВ:

1. Завод із переробки рідких радіоактивних відходів.
2. Промисловий комплекс із поводження з твердими РАВ.
3. Комплекс із виробництва металевих бочок і залізобетонних контейнерів для зберігання радіоактивних відходів.

Усі рідкі РАВ переробляються на заводі з переробки рідких радіоактивних відходів. Тут вони проходять процедуру затвердіння (імобілізації) і перетворюються на цементну суміш. Суміш упаковується у 200-літрові бочки, які у свою чергу пакуються по 4 штуки у залізобетонний контейнер. Контейнер з переробленими рідкими РАВ відправляється на захоронення у спеціально обладнане приповерхнє сховище твердих радіоактивних відходів комплексу виробництв «Вектор».

Переробка твердих РАВ на ЧАЕС відбувається на промисловому комплексі із поводження з твердими РАВ. Після переробки відходи зберігаються на тимчасових майданчиках складування або ж транспортуються на пункт захоронення РАВ «Буряківка».

Зараз у сховищах Чорнобильської АЕС накопичилося 22 645 м³ радіоактивних відходів, що приблизно дорівнює об'єму 9-ти «олімпійських» басейнів.

З них рідких РАВ – 20 133 м³.

Тверді РАВ знаходяться:

– у сховищі твердих відходів: 2 502 м³;

- відкритому сховищі твердих високоактивних відходів: 8 м³;
- сховищі рідких та твердих відходів: 2 м³ [22].

Основними принципами державної політики у сфері поводження з радіоактивними відходами є [16]:

- пріоритет захисту життя та здоров'я персоналу, населення та навколишнього природного середовища від впливу радіоактивних відходів згідно з державними нормами радіаційної безпеки;

- розмежування функцій державного контролю та управління у сфері поводження з радіоактивними відходами;

- реалізація державної політики у сфері поводження з радіоактивними відходами шляхом розробки та виконання довгострокової загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з радіоактивними відходами;

- забезпечення мінімального рівня утворення радіоактивних відходів, якого можна досягти на практиці;

- недопущення неконтрольованого накопичення радіоактивних відходів;

- забезпечення державного нагляду за поводженням з радіоактивними відходами;

- прийняття рішень щодо розміщення нових сховищ радіоактивних відходів з участю громадян, їх об'єднань, а також місцевих органів державної виконавчої влади і органів місцевого самоврядування;

- гарантування надійної ізоляції радіоактивних відходів від навколишнього природного середовища під час обґрунтування безпеки сховищ радіоактивних відходів;

- зберігання радіоактивних відходів у виробників відходів обмежений час з наступною передачею спеціалізованим підприємствам з поводження з радіоактивними відходами;

- відповідальність виробників радіоактивних відходів за безпеку під час поводження з радіоактивними відходами до передачі їх спеціалізованим підприємствам з поводження з радіоактивними відходами;

- заборона проведення робіт із захоронення радіоактивних відходів юридичним і фізичним особам, внаслідок діяльності яких утворюються радіоактивні відходи та які поставляють і використовують радіоактивні речовини, ядерні установки;
- міжнародне співробітництво у сфері поводження з радіоактивними відходами;
- активна науково-дослідницька діяльність у сфері поводження з радіоактивними відходами.

Тема 15 Утилізація сільськогосподарських відходів

У процесі агропромислової діяльності підприємства утворюється безліч різноманітних сільськогосподарських відходів. Їх слід правильно утилізувати, оскільки вони можуть нашкодити навколишньому середовищу:

- під час зберігання цих побічних продуктів у закритих сховищах внаслідок біохімічних реакцій утворюються шкідливі речовини та гази, наприклад, аміак;
- якщо такі відходи потраплять у водойму, хімічні властивості води порушаться. Це спричинить певні екологічні проблеми для довкілля;
- неправильна утилізація сільськогосподарських відходів в Україні може призвести до окислення ґрунтів, забруднення ґрунтових вод і викидів парникового газу (метану) в атмосферу.

Потенційними факторами негативного впливу на навколишнє природне середовище є кілька типів відходів виробництва продукції сільського господарства: органічні відходи рослинництва. органічні відходи тваринництва та птахівництва. біовідходи (трупи тварин та птиці). залишкова кількість добрив, хімічних та біологічних засобів для захисту рослин, ветеринарних препаратів.

Із загального обсягу відходів, які щорічно утворюються в сільському господарстві, утилізується (тобто використовується як вторинні матеріальні чи енергетичні ресурси) менше половини. Інші спалюються або вивозяться на

звалища, де продовжують забруднювати довкілля. Натомість сільськогосподарські відходи можна ефективно використовувати як добрива, джерела енергії чи вторинну сировину [23].

У науковій літературі існують різні класифікації відходів. В. М. Радовенчик і М. Д. Гомеля пропонують поділяти сільськогосподарські відходи на відходи природного походження (галузей рослинництва і тваринництва) та штучного походження (пестициди і агрохімікати) [24, с. 269]. Проте в процесі вирощування продукції рослинництва і тваринництва використовується також багато інших матеріалів, частина яких перетворюється на відходи (наприклад, поліетиленова плівка, що використовується для накриття парників), які не враховуються запропонованою класифікацією.

Відходи рослинництва поділяються на первинні, тобто ті, що утворюються безпосередньо під час збирання врожаю сільськогосподарських культур, і вторинні – такі, що генеруються під час оброблення врожаю на підприємствах. Первинні відходи містять соломку зернових та інших культур, відходи виробництва кукурудзи на зерно і соняшника (стебла, стрижні та інше). Вторинні відходи – це лушпиння соняшника, лушпайка гречки, рису, жом цукрового буряку тощо. Частина відходів та залишків використовується на потреби самого сільського господарства (органічне добриво, підстилка та корм скоту), частина – іншими секторами економіки, а решта біомаси залишається незадіяною і часто утилізується (спалюється в полі, вивозиться на звалище) без принесення користі [29].

За ступенем небезпечності сільськогосподарські відходи віднесено до чотирьох класів безпеки: I клас – надзвичайно небезпечні; II клас – високо небезпечні; III клас – помірно небезпечні; IV клас – мало небезпечні. Європейський підхід до класифікації відходів також передбачає їх розподіл на безпечні і небезпечні згідно з джерелом походження та складом відходу. Класифікація відходів базується на Європейському переліку відходів (the European List of Waste) [25] та Додатку III до Директиви 2008/98/ЄС від 18 груд. 2014 р., які дозволяють однозначно ідентифікувати будь-який вид

відходів і віднести його до класу безпечних чи небезпечних. Зокрема, у списку відходів небезпечні відходи позначені зірочкою.

В Україні також розроблено Державний Класифікатор відходів, який введено в дію Наказом Держстандарту України 29.02.1996 № 89 (ДК 005–96), згідно з яким відходи виробництва продукції сільського господарства та мисливства включено до групи 01, до якої належать такі класифікаційні угруповання [26]: відходи виробництва зернових культур, продукції овочівництва та садівництва (011); відходи вирощування тварин і виробництва продукції тваринництва (012); відходи виробництва продукції змішаного господарювання (013); відходи від надання послуг у рослинництві та тваринництві (014); відходи мисливства, ловіння пасткою, розведення дичини (015); послуги спеціалізовані щодо поводження з відходами виробництва продукції сільського господарства та мисливства, які надаються за місцем утворення відходів (0159). В основу класифікації відходів у ДК 005–96 покладено стадію виробничого процесу, на якій вони утворилися, тому сільськогосподарські відходи поділяють на відходи вхідних компонентів, виробничо-технологічні відходи та відходи кінцевої продукції [26].

Згідно з європейською ієрархією методів поводження з відходами, а також новою державною політикою України у сфері управління відходами кращими способами поводження з відходами, появи яких не вдалося уникнути, є їх утилізація.

Саме тому пропонується в основу класифікації сільськогосподарських відходів покласти можливість їх утилізації, здійснення якої залежить і від класу небезпечності відходів. Відходи, що утворюються в галузі рослинництва і тваринництва, пропонується поділяти на дві групи: *органічні* та *неорганічні*, які поділяються на безпечні і малонебезпечні відходи (IV класу небезпечності) та на небезпечні відходи (I–III класів небезпечності). Запропонована класифікація наведена у вигляді таблиці 3.4 [23].

Таблиця 3.4 – Класифікація сільськогосподарських відходів

Галузі сільського господарства та код відходів	Сільськогосподарські відходи			
	1 Органічні		2 Неорганічні	
	1.1 Безпечні і малонебезпечні (IV клас)	1.2 Небезпечні (II-III класи)	2.1 Безпечні і малонебезпечні (IV клас)	2.2 Небезпечні (II-III класи)
Рослинництво	1. Насіння та саджанці зіпсовані. 2. Відходи тканин рослинного походження. 3. Солома, стебла, качани кукурудзи. 4. Некондиційна продукція	1. Продукція, забруднена радіонуклідами. 2. Продукція, забруднена шкідливими речовинами	1. Відходи матеріалів (поліетилен, картон, скло, деревина), зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані	1. Засоби хімічного оброблення насіння і захисту рослин та добрива мінеральні зіпсовані, забруднені, не ідентифіковані
Код відходів згідно з ДК 005-96	0 111.1.1; 0 112.1.1; 0 113.1.1; 0 111.2.6; 0 111.2.9; 0 112.2.9; 0 113.2.9; 0 111.3.1; 0 112.3.1; 0 113.3.1	0 111.3.2; 0 112.3.2; 0 113.3.2	0 112.1.2; 0 113.1.2	0 111.1.2
Тваринництво	1. Фураж, корми для відгодівлі свійської птиці, підкормка для бджіл, корми для шовковичного шовкопряда, кормові добавки зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані. 2. Відходи тканин тваринного походження, екскременти, сечовина та гній від худоби, послід пташиний. 3. Продукція бракована	1. Продукція від великої рогатої худоби, овець, кіз, коней, свійської птиці, інших тварин некондиційна, забруднена радіонуклідами та/або шкідливими речовинами. 2. Тварини, уражені небезпечними інфекційними захворюваннями або забруднені радіонуклідами та/або шкідливими речовинами	1. Матеріали для виготовлення засобів та обладнання для утримання тварин (вуликів, стелажів, кліток, вольєрів тощо) зіпсовані, забруднені або не ідентифіковані, їх залишки, які не використовуються за призначенням	1. Засоби утримання тварин, уражених небезпечними інфекційними захворюваннями, забруднені радіонуклідами та або шкідливими (небезпечними) речовинами
Код відходів згідно з ДК 005-96	0 121.1.1; 0 122.1; 0 123.1; 0 124.1; 0 125.1; 0 130.1; 0 121.2.6; 0 122.2; 0 123.2; 0 124.2.6; 0 125.2.6; 0 125.2.9; 0 130.2; 0 121.3.1; 0 122.3.1; 0 123.3.1.01; 0 124.3.1; 0 125.3.1; 0 130.3	0 121.3.2; 0 122.3.2; 0 123.3.2; 0 124.3.2; 0 125.3.2.01; 0 125.3.2.03; 0 125.3.2.04	0 125.1.2	0 125.3.2.02

До кожного із наведених у таблиці 3.4 видів відходів необхідно застосовувати відповідні методи поводження. Найкращим способом поводження з відходами, які належать до групи 1.1. і 1.2., є їх утилізація. До відходів, які належать до груп 2.1. і 2.2., найбільш доцільно застосовувати видалення.

Оскільки всі відходи, що належать до групи 1.1, є органічними, вони здатні до біологічного розкладання, до них можна застосовувати біологічні методи утилізації, які є найбільш екологічно безпечними.

До таких методів належить *аеробне та анаеробне компостування (зброджування) та вермикомпостування*. Як зазначають вітчизняні і зарубіжні науковці, одним із найбільш поширених способів переробки органічних сільськогосподарських відходів, особливо відходів тваринництва, є їх анаеробне зброджування. Цей спосіб дозволяє знешкоджувати відходи і отримувати водночас біогаз і високоякісні органічні добрива.

Як основну сировину, для анаеробного зброджування в реакторі найчастіше використовують гній великої рогатої худоби (ВРХ), свинячий гній і пташиний послід (здебільшого використовують суміш із 2–10 видів субстратів) [23].

Для ефективного анаеробного зброджування тваринних екскрементів додають інші органічні відходи (наприклад, рослинні). Це досить складний процес, для управління яким необхідно контролювати певні параметри (температуру, кислотність, наявність токсичних речовин), а також забезпечити безперервне та рівномірне упродовж доби завантаження-розвантаження органічної речовини; оптимальну інтенсивність перемішування сировини в резервуарі; підтримання оптимальної температури зброджування; забезпечення нормальної діяльності метаноутворюючих бактерій.

Процес анаеробного бродіння здійснюється в спеціальних реакторах – метантенках без доступу кисню. Принципова схема комплексної біогазової установки анаеробного зброджування відходів виробництва наведена на

рисунку 3.5, а спрощена схема процесу анаеробного зброджування на рисунку 3.6 [30].

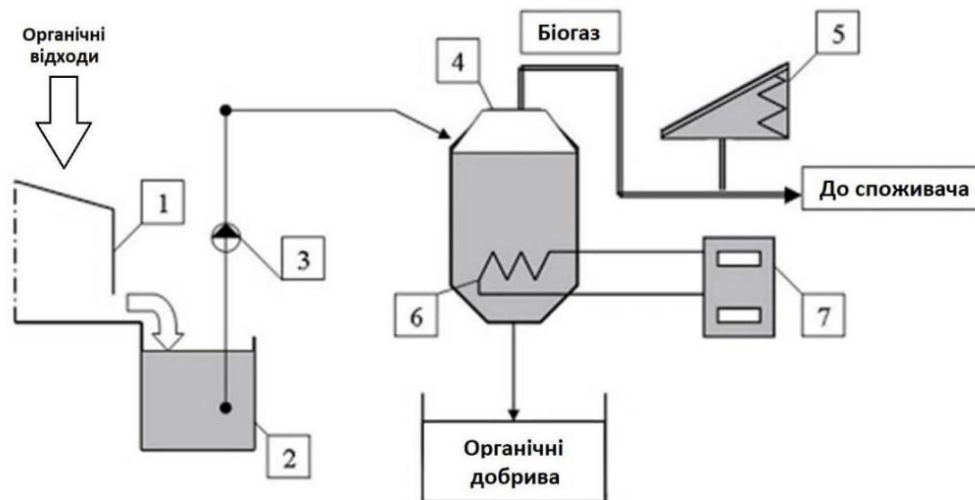


Рисунок 3.5 – Принципова схема біогазового комплексу для анаеробного зброджування рослинних відходів:

- 1 – ємність збору відходів; 2 – ємність для підготовки та гомогенізації відходів; 3 – насосна станція (шнекові насоси) для транспортування відходів до метантенку; 4 – реактор (метантенк); 5 – газгольдер для збирання біогазу; 6 – система підігріву реактору для підтримання заданої температури в метантенку; 7 – генератор тепла

Опис перебігу анаеробної ферментації. Біомаса витримується за відсутності кисню упродовж певного періоду часу, зазвичай за температури 30–37 °С або 55–60 °С. У цих умовах під дією бактерій частина органічних речовин розкладається і утворює газ, що містить у різних співвідношеннях 60–70 % метану, 30–40 % вуглекислого газу, до 3 % сірководню, а також водень, домішки аміаку та оксиду азоту. Газ не має неприємного запаху, а теплота згоряння досягає 25 МДж/м³, що еквівалентно теплоті згоряння 0,6 л бензину, 0,85 л спирту або 1,7 кг дров.



Рисунок 3.6 – Спрощена схема процесу анаеробного зброджування

На першому етапі (рис. 3.7) складні органічні полімери (клітини, білки, жири тощо) під дією анаеробних бактерій розщеплюються на простіші сполуки: леткі жирні кислоти, нижчі спирти, водень і оксид вуглецю, оцтову і мурашину кислоти, метиловий спирт. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ і воду.

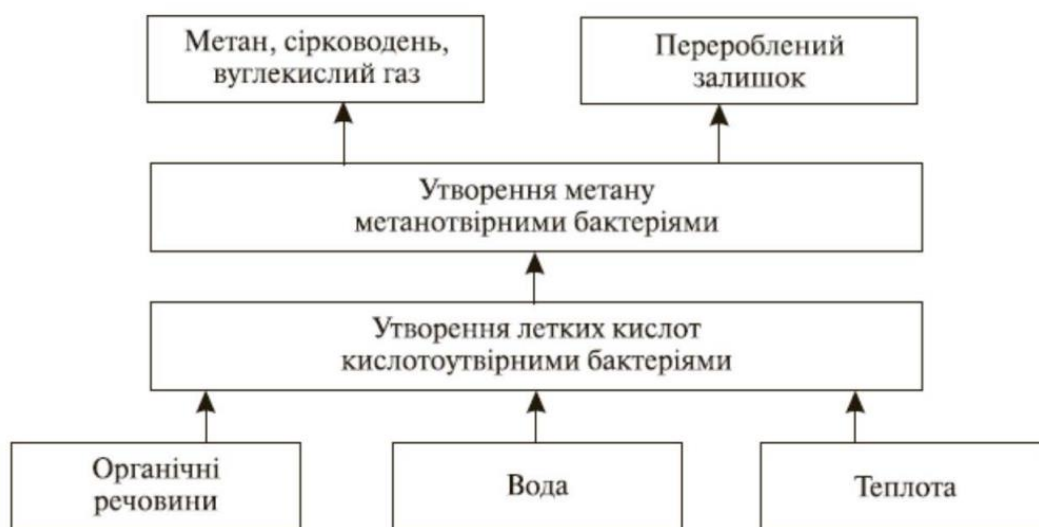


Рисунок 3.7 – Процес отримання біогазу

Температура значною мірою впливає на ефективність процесу анаеробного бродіння органічних речовин. Найвигідніше стимулювати розвиток мезофільної та термофільної бактеріальної флори за температури 30–40 °С і 50–60 °С відповідно. Перед вибором відповідної моделі необхідний належний аналіз кліматичних та економічних умов.

Сучасні біогазові установки відрізняються за розмірами: від малих з продуктивністю 3–8 м³ до середніх (25–170 м³) і великих (250–500 м³ і більше). Виробництво біогазу є економічно виправданим під час роботи з постійним потоком відходів (стоки з тваринницьких ферм, боєнь, потоки рослинних відходів тощо).

Після анаеробного зброджування в органічній суміші майже не залишається яєць гельмінтів, хвороботворних мікроорганізмів і насіння бур'янів, тому її можна використовувати для виготовлення добрив (компосту). Компост знаходить широке застосування як добриво в сільському, лісовому, зеленому господарстві; для рекультивації земель; як паливо (після попередньої сушки до вологості 3–8 % і брикетування).

До недоліків біогазових технологій слід віднести: великі витрати на обладнання, будівництво інфраструктури для підключення до електромережі, отримання дозволів; значний термін окупності інвестицій; необхідність постійної наявності органічної сировини. Перевагами біогазових технологій є те, що вони дозволяють вирішувати певний спектр проблем: екологічну (повна утилізація органічних відходів рослинництва і тваринництва); енергетичну (отримання та використання біогазу); агрохімічну (отримання якісних органічних добрив і поліпшення родючості ґрунту); соціальну (покращення умов праці, створення додаткових робочих місць); економічну (зменшення витрат на оплату екологічного податку, отримання прибутку від реалізації добрив) [24, с. 280].

Методи отримання енергії з рослинних відходів представлені на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Методи енергетичної утилізації рослинних відходів

На рисунку 3.9 представлено розбивку технологій поступового перетворення рослинних відходів на енергоносії.



Рисунок 3.9 – Технології енергетичної утилізації рослинних відходів

Аеробне компостування відбувається в присутності повітря на відкритих ділянках. Компостування – це природний аеробний процес розкладання

органічних відходів в аеробних умовах за участю біологічних організмів. Найбільш широко компостування використовується для переробки рослинних відходів, проте для підвищення ефективності компостування додають сухий гній, солому, тирсу. Кінцевим продуктом компостування є компост – органічне добриво. Компост утворюється як результат часткового розкладання окремих продуктів, які містять органічну речовину й неорганічні баластові речовини. Схема утворення компосту показана на рис. 3.10.

Компостування – комплексний, багатостадійний процес. Кожна зі стадій компостування характеризується різними консорціумами організмів. Виділяють такі фази компостування:

- 1) лаг-фаза (з англ. «lag phase»);
- 2) мезофільна фаза (з англ. «mesophilic phase»);
- 3) термофільна фаза (з англ. «thermophilic phase»);
- 4) фаза визрівання (з англ. «final phase»).

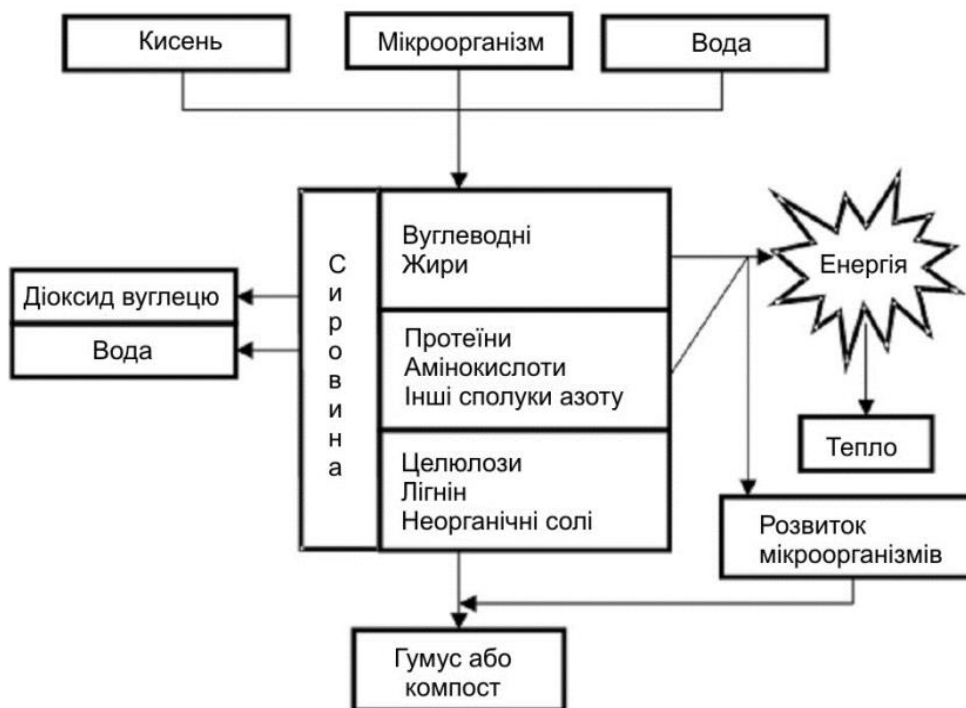


Рисунок 3.10 – Схема утворення компосту

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

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

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

Оскільки температура вище 65 °C вбиває більшість форм мікробів і призупиняє процес розкладання, використовується аерація і перемішування, для того щоб утримувати температуру компосту нижче цієї межі.

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

Фаза 1 (з англ. «lag phase») починається відразу після внесення свіжих відходів у компостну купу. Упродовж цієї фази мікроорганізми адаптуються до типу відходів та умов проживання в компостній купі. Розпад відходів починається вже на цій стадії, але загальна чисельність популяції мікробів ще невелика, температура невисока.

Фаза 2 (з англ. «mesophilic phase»). Упродовж цієї фази процес розпаду субстратів посилюється. Чисельність мікробної популяції зростає переважно за рахунок мезофільних організмів, що адаптуються до низьких і помірних температур. Ці організми швидко розкладають розчинні компоненти, що легко розкладаються, такі як прості цукриди і вуглеводи. Запаси цих речовин швидко виснажуються, мікроорганізми починають розкладати більш складні молекули, такі як целюлоза, геміцелюлоза і білки. Після споживання цих речовин мікроорганізми виділяють комплекс органічних кислот, які служать джерелом їжі для інших мікроорганізмів. Однак не всі органічні кислоти, що

утворюються, встигають поглинатися, що призводить до їхнього надмірного накопичення і, як результат, до зниження рН середовища. рН служить індикатором закінчення другої стадії компостування. Але це явище тимчасове, оскільки надлишок кислот веде до загибелі мікроорганізмів.

Фаза 3 (з англ. «thermophilic phase»). У результаті зростання кількості мікроорганізмів і метаболізму відбувається підвищення температури. Коли температура підвищується до 40 °С і вище, мезофільні мікроорганізми заміщуються більш стійкими до високих температур – термофілами. У разі досягнення температури 55 °С більшість патогенів людини і рослин гине. Але якщо температура перевищить 65 °С, загинуть і аеробні термофіли компостної купи. Завдяки високій температурі відбувається прискорений розпад білків, жирів і складних вуглеводів типу целюлози і геміцелюлози – основних структурних компонентів рослин. У результаті вичерпання харчових ресурсів обмінні процеси йдуть на спад, і температура поступово знижується.

Фаза 4 (з англ. «final phase»). Внаслідок падіння температури до мезофільного діапазону в компостній купі починають домінувати мезофільні мікроорганізми. Температура є найкращим індикатором наступної стадії дозрівання. У даній фазі органічні речовини, що залишилися, утворюють комплекси. Цей комплекс органічних речовин стійкий до подальшого розкладання і називається гуміновими кислотами або гумусом.

Для компостування використовують відкриті ями (траншеї), статичні або аеровані купи, системи реакторів й вітряні купи. Останні є найпоширенішими. За цієї технології формують трапецієподібні купи 1,5–2 метри у висоту, в які складають сировину (подрібнені й змішані відходи) компосту і які розміщують у напрямку вітру. Їх періодично перемішують, щоб забезпечити оптимальні умови повітря й вологості. Контроль температури за оптимального процесу забезпечує більш ефективно знищення патогенів і більш швидке розкладання маси компосту, навіть за 3–4 місяці. Характеристика (недоліки й переваги) різних методів компостування надано в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Переваги і недоліки різних методів компостування

Вид	Швидкість	Необхідна територія	Інвестиції	Операційні витрати	Вплив на НС
Статичні купи	Дуже повільно	Велика	Низькі	Дуже низькі	Пил, запах, інфільтрат
Вітряні купи	Повільно	Велика	Низькі	Низькі	Пил, запах, інфільтрат, шум
Аеровані статичні купи	Швидко	Маленька	Високі	Високі	Пил, шум
Компостування в реакторі	Дуже швидко	Маленька	Високі	Високі	–

Для виробництва компосту в промислових умовах широко використовують відкриті купи (вітряні купи) або купи, які покривають плівкою або брезентом, а також реактори з підведенням повітря. Постійним купам компосту (рис. 3.11) слід бути досить об'ємними, щоб забезпечити оптимальну кількість тепла. Бажаний розмір купи приблизно 6 м завширшки й 2–3 м заввишки. Довжину купи обмежують розміри використаної площі й кількість матеріалів, які призначені для компостування. Щоб одержати якісний компост, необхідно забезпечити інтенсивне перемішування матеріалу й аерацію.



Рисунок 3.11 – Компостування в вітряних купах

Аеробне компостування відбувається в присутності повітря на відкритих ділянках. Найбільш широко компостування використовується для переробки рослинних відходів, проте для підвищення ефективності компостування

додають сухий гній, солому, тирсу. Кінцевим продуктом компостування є компост – органічне добриво.

Останнім часом все більше уваги у світі приділяється розвитку вермикомпостування, або вермикультури. У результаті можна отримати біогумус – високомолекулярні органічні сполуки, що утворюються внаслідок життєдіяльності черв'яків у процесі перероблення ними органічних речовин. Біогумус має високий вміст біогенних елементів у легкодоступній формі, є однорідним і розсипчастим. Під впливом черв'яків процес компостування проходить втричі швидше, ніж аеробне компостування [23].

Недоліками компостування є досить тривалий термін виготовлення компосту, необхідність і складність дотримання вимог щодо вмісту в компості та на земельних ділянках, де він використовується, забруднюючих речовин, зокрема, важких металів.

Перевагами компостування є: зменшення забруднення довкілля відходами; можливість отримання добрив; поліпшення родючості ґрунту, зниження ймовірності ерозії ґрунту; зменшення витрат на мінеральні добрива; більш проста і дешева технологія порівняно з анаеробним зброджуванням, що дозволяє широко її застосовувати навіть у невеликих господарствах. Загалом проекти з використання компосту як добрива є економічно вигідними і мають короткий термін окупності, насамперед внаслідок економії коштів на закупівлю високовартісних мінеральних добрив і за рахунок покращення складу ґрунтів, збільшення врожайності продукції рослинництва.

Досить вигідним також є спрямування рослинних відходів на корм для відгодівлі тварин чи використання їх як підстилки для тварин. У разі утворення великих обсягів рослинних відходів їх також можна успішно використовувати для виготовлення різноманітної продукції – вірьовок, канатів, текстилю, паперових виробів, оббивних, пакувальних, ізоляційних, будівельних матеріалів.

Було підраховано, що виробництво целюлози, паперу або картону із соломи потребує менше капіталовкладень, ніж організація виробництва

целюлози з деревини. Як свідчить досвід європейських країн, найбільш економічно вигідним є виробництво целюлози з соломи на підприємстві потужністю 10–20 тис. т на добу. Орієнтовна вартість будівництва підприємства складає 15 млн євро, а термін окупності – 5–7 років [23].

Що стосується неорганічних безпечних і малонебезпечних сільськогосподарських відходів, які належать до групи 2.1 (табл. 3.4), вони також підлягають утилізації, оскільки є потенційною вторинною сировиною. З метою уникнення забруднення та псування зазначених відходів необхідно запровадити їх роздільне збирання і первинне сортування. Потрібно облаштувати приміщення або критий майданчик, а також відповідні ємності для розміщення і тимчасового зберігання таких відходів. Частину таких відходів можна утилізувати в самому господарстві, наприклад, деревні відходи. Щодо інших, то бажано укласти договір із підприємством чи організацією, які займаються збиранням та утилізацією відповідного виду відходів.

Відходи, що належать до груп 1.2 і 2.2 (табл. 3.4), є небезпечними з точки зору екологічної чи санітарно-епідеміологічної безпеки, саме тому переважним способом поводження з такими відходами є видалення. З цією метою зазвичай застосовують термічні методи чи захоронення відходів, які здійснюються спеціалізованими підприємствами у спеціально відведених місцях.

Проте органічні відходи, що входять до групи 1.2 (табл. 3.4), у певних випадках також можуть бути утилізовані, зокрема, за допомогою компостування, що було підтверджено численними дослідженнями. Було доведено, що компостування є ефективним способом утилізації рослин, які містять у своїх тканинах ДДТ [27]. Це знайшло своє відображення і в нормативних документах. Було розроблено «Методику вилучення, утилізації та знищення сільськогосподарської сировини і харчових продуктів, що зазнали впливу пестицидів та агрохімікатів і непридатні до використання», в якій зазначено, що найбільш доцільними та безпечними методами знищення продукції, яка зазнала впливу пестицидів і агрохімікатів, є спалювання або компостування.

Компостування може також успішно застосовуватися для знешкодження трупів загиблих тварин і птиці, у тому числі уражених інфекційними захворюваннями [28]. Особливо це актуально для невеликих господарств, які мають обмежений доступ до санітарних полігонів чи спеціальних спалювальних установок.

Актуальним є питання поводження з відходами *хімічних засобів захисту рослин* (ХЗЗР), до складу яких входять пестициди, гербіциди, фунгіциди, хімічні та біологічні стимулятори росту рослин.

Результати проведеної інвентаризації відходів ХЗЗР не дають змоги точно оцінити їх кількість, але за попередніми результатами обсяги накопичення непридатних ХЗЗР можуть становити 8,5 тис. тонн [11].

Нагромадження ХЗЗР на території України розпочалося ще за часів Радянського Союзу, коли Україна була країною з розвинутим сільським господарством, що передбачало централізоване постачання значних обсягів добрив та пестицидів в український аграрний сектор. Слід зазначити, що серед ХЗЗР, які використовувались в Україні, перевага надавалась тим, що мали в своєму складі найбільш стійкі для довкілля компоненти, так як вони найбільш ефективно впливали на підвищення врожайів, але в той же час були надзвичайно небезпечні для людини та довкілля. Згодом було прийнято рішення щодо заборони використання таких ХЗЗР. Крім того, застосування техніки сівозмін призвело до зменшення потреби в хімікатах, а обмежений термін їх придатності – до утворення некондиційної продукції. Заборонені ХЗЗР, разом з непридатними до використання, тими, що втратили маркування, або використання яких було обмежено, почали у великій кількості накопичуватись на територіях сільськогосподарських підприємств і становити реальну загрозу для довкілля (потрапляти у водні об'єкти, ґрунти, атмосферне повітря) та здоров'я населення прилеглих територій. Питання щодо подальшого поводження з ними на той час не вирішувалось і вони продовжували зберігатись на спеціалізованих складах сільськогосподарських підприємств (рис.3.12) [31].

До того ж з початком процесів реформування аграрного сектору економіки України ситуація ускладнюється такими факторами:

1. Відсутні вичерпні дані про стан наявних ХЗЗР.
2. Довгострокове зберігання ХЗЗР призводить до хімічних реакцій та утворення нових сполучень з невідомими властивостями.
3. Багато місць і ємностей для зберігання ХЗЗР не відповідають технічним, екологічним та санітарно-гігієнічним вимогам.
4. Значна частина ХЗЗР не упізнана або знаходиться у вигляді сумішей невідомого хімічного складу.
5. Наявні ХЗЗР часто змішані з відходами будматеріалів зруйнованих складських приміщень та підстилаючої поверхні.
6. Місця зберігання непридатних та заборонених до використання ХЗЗР піддаються розкраданню та потерпають від пожеж.
7. Юридичні особи та організації – власники ХЗЗР або ж їх правонаступники ухиляються від встановленого Законом порядку поводження з цими речовинами [31].



а



б

Рисунок 3.12 – Характерний стан місць розміщення некондиційних ХЗЗР у регіонах України: а – під відкритим небом; б – на колишніх місцях зберігання

Відомо, що заборонені до використання ХЗЗР, які використовуються після закінчення термінів зберігання – це група хімічних речовин, які належать

до стійких органічних забруднювачів (СОЗ), що є надзвичайно токсичними та небезпечними хімічними сполуками.

Їм властиві чотири загальні властивості:

1. Висока стійкість у навколишньому природному середовищі (НПС) – стійкість до фотохімічного та мікробіологічного окислення.

2. Здатність до біоаккумуляції, яка обумовлена високою ліпофільністю, що дозволяє небезпечним хімічним сполукам накопичуватися в жирових тканинах і просуватися харчовими ланцюгами.

3. Здатність до переміщення в НПС на великі відстані (з повітряними та водними потоками або мігруючими видами тварин).

4. Здатність викликати віддалені ефекти (канцерогенні, мутагенні та ін.) [31].

До переліку СОЗ включено деякі сполуки з класу так званих поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), поліхлоровані дифеніли (ПХД), поліхлоровані дібензо-п-діоксини (ПХДД), поліхлоровані дібензофурані (ПХДФ), а також пестициди, в тому числі ДДТ і гексахлорбензол.

З усіх наявних методів знешкодження непридатних ХЗЗР найбільш екологічно ефективним є спалювання в спеціальних високотемпературних печах, обладнаних сучасними системами очищення димового газу та контролю за викидами і небезпечними рештками.

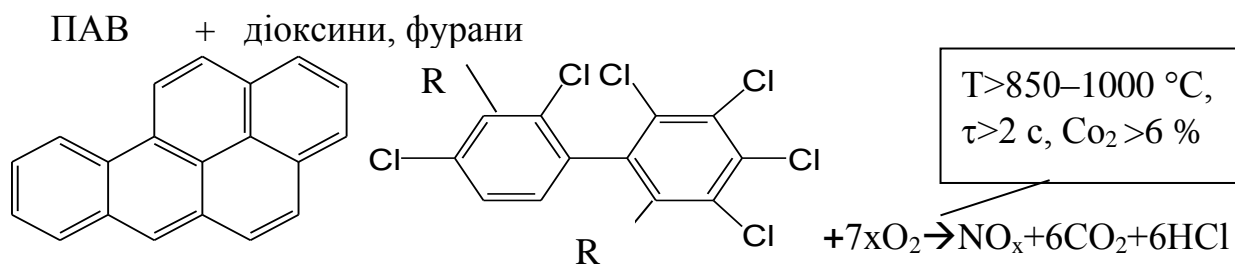
Багатьма вченими країн Європи, США, Канади, України та іншими було встановлено, що повне та остаточне знищення галогеновмісних органічних речовин, що входять до складу некондиційних ХЗЗР у процесі їх термічного знищення і високотоксичних діоксиноподібних вторинних сполук, які утворюються водночас, наприклад, ПАВ, відбувається тільки у разі дотримання таких технологічних параметрів:

- температура термічного знищення має бути понад 1 000 °С;
- згідно з нормативами ЄС, геометрія гарячої зони печі для спалювання

ХЗЗР має забезпечити перебування газів у зоні з $T > 850$ °С упродовж понад 2 с

(«правило 2 секунд») за необхідного вмісту кисню в зоні реакцій термічного знищення некондиційних ХЗР > 6 % [31].

За цих умов відбувається повне розкладання складних галогенвміщуючих сполук в газах і основних обпалюваних матеріалах і не створюються передумови для їх регенерації в газах, що відходять з термічного агрегату, хоча виконати комплекс цих умов на практиці дуже важко:



Тема 16 Утилізація відходів електричного та електронного обладнання

Відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) – відносно новий тип відходів, це прилади, що працюють за допомогою електроенергії або електромагнітного поля, строк експлуатації яких закінчився або власник має намір їх позбутися шляхом утилізації чи видалення. Такі відходи мають у своєму складі різноманітні матеріали, а також небезпечні компоненти, що містять токсичні речовини, здатні забруднити навколишнє природне середовище і поставити під загрозу здоров'я людей у разі їх неналежної утилізації.

ВЕЕО не переробляються у доквіллі, їх також не можна спалювати, оскільки у багатьох компонентах присутні важкі метали та токсичні речовини, а для їх переробки потрібні спеціальні технології. Звичайний персональний комп'ютер складається як з цінних металів – міді, срібла і золота, так і з небезпечних компонентів – сполук кадмію, свинцю, цинку, нікелю, ртуті. Крім того, ВЕЕО містять пластмаси, індикатори, монітори на рідких кристалах, батареї – всього понад 90 компонентів [32].

До відходів електронного та електричного обладнання належать: холодильники, плити, пральні машини, пирососи, праски, чайники, тостери, комп'ютери, принтери, копіри, телефони, телевізори, музичні центри, програвачі, музичні інструменти, лампи, дрилі, швейні машини, пили, газонокосарки, апарати для діалізу, аналізатори, кардіологічне обладнання, детектори диму, термостати, регулятори опалення, машини з видачі квитків, напоїв, банкомати [34].

Застосування нових технологій, функцій, зміни дизайну призводить до скорочення життєвого циклу продуктів і прискорення виведення із використання застарілих електричних та електронних приладів та різкого зростання кількості їх відходів.

Згідно з даними ООН щодо питань навколишнього середовища, щорічно на нашій планеті утворюється близько 50 млн тонн електронних відходів. Особливу увагу варто звернути на те, що темпи зростання їх утворення втричі швидші, у порівнянні з іншими видами відходів.

Достовірних офіційних даних щодо обсягів утворення, знешкодження та утилізації електричних та електронних відходів в Україні немає. У нашій державі ці відходи відносять до категорії ТПВ, а тому навіть їх приблизну кількість важко підрахувати. Якщо державні підприємства зобов'язані утилізувати свою оргтехніку, то приватні домогосподарства мають повну свободу дій щодо поводження з використаною побутовою технікою [34].

Під час утилізації ВЕЕО розглядаються дві категорії: утилізація компонентів та утилізація матеріалів. Є декілька методів утилізації цих відходів: демонтаж, механічний метод, гідрометалургійний метод, піролітична обробка.

Демонтаж є невід'ємною операцією утилізації електронних відходів. Він проводиться на декількох рівнях для відновлення компонентів з бракованої продукції або виробленої в надмірній кількості для повторного використання або заміни; або спеціальними підрядниками, що виконують цю функцію для виробника; або фірмами з рециркуляції; або з демонтажу для повторного

продажу на ринку вторинних матеріалів. Практично всі операції демонтажу виконуються вручну, що само собою накладає обмеження на цю операцію через витрати на трудовитрати [32].

Механічний метод. Основною перевагою механічного методу є сухий режим роботи без використання яких-небудь хімічних речовин, тоді як застосування «мокрих» процесів з використанням хімічних реагентів створює небезпеку для навколишнього середовища. Зараз серійно випускаються системи механічної переробки для утилізації різноманітних матеріалів електронних відходів, вони містять такі етапи [33]:

1. Первинне подрібнення великих фракцій за допомогою подрібнювача з обертовими ножами різноманітного застосування.

2. Відділення великих фракцій чорних металів за допомогою сильних магнітів, розташованих над вібруючим конвеєром.

3. Подрібнення в порошок – під час цього процесу відходи перетворюються на порошок в шаровому млині, в якому використовуються шароподібні елементи, стійкі до стирання.

4. Просіювання з використанням сит, що самоочищаються.

5. Електростатичне розділення, що дозволяє фактично завершити розділення металевих фракцій шляхом рециркуляції фракцій часток середнього розміру.

6. Подальше зменшення розміру, що є вторинним подрібненням в порошок, для зменшення розміру великих часток.

Гідрометалургійні методи традиційно застосовуються для відновлення золота з контактних поверхонь роз'ємів. Золото вивільняється або у вигляді металевих лусочок за допомогою розчинення в кислоті мідних підкладок, або за допомогою розчинення золота в розчинах на основі ціаніду або тіосечовини, з подальшим електролітичним осадженням або хімічним заміщенням з використанням цинку. Були також проведені дослідження [33] можливості використання розбавлених неорганічних кислот у поєднанні з подальшими технологіями відновлення металів методами концентраційного розділення,

екстракції, іонного обміну тощо. Розроблена низка гідрометалургійних методів та дослідних установок переробки відходів показали можливість отримання прибутку в процесі переробки ВЕЕО приблизно 200 дол. США за тону, без врахування вартості утилізованих дорогоцінних металів. Необхідно відзначити, що гідрометалургійний підхід є хорошою альтернативою переплавці відходів, а також дає можливість отримати більш високий вихід відновлених металів.

Піролітична обробка зазвичай містить спалювання та плавлення подрібненої сировини за температури приблизно 1 200 °С. Для цього потрібна невелика кількість викопного палива, оскільки більша частина енергії забезпечується за рахунок згорання органічних компонентів. За цієї температури згорають органічні складові відходів, а утворені гази спрямовуються в камеру допалювання з температурою 1 400 °С. Конгломерат, що залишається від спалювання, називається «чорним металом». Цей продукт, як правило, багатий на мідь. За подальшого електролітичного очищення та хімічній обробці анодного осаду відділяють мідь та інші компоненти, наприклад, дорогоцінні метали. Нові технології утилізації ВЕЕО дозволяють їх не спалювати, а переробляти у готові вироби [32].

Вибір методу утилізації ВЕЕО залежить від типу відходів і мети утилізації.

Тема 17 Відходи упаковки

Згідно з Проектом Закону України «Про упаковку та відходи упаковки» від 5 лют. 2016 № 4028 [35]: упаковка – засіб чи комплекс засобів, що забезпечує захист продукції від пошкодження і втрат, навколишнє середовище від забруднень, а також забезпечує процес обігу продукції (під процесом обігу розуміють транспортування, зберігання та реалізацію продукції). Упаковка поділяється на споживчу, групову і транспортну та складається з тари і допоміжних пакувальних засобів.

Тара – основний елемент упаковки, що є виробом для розміщення товару.

Допоміжні пакувальні засоби – засоби, які використовуються в споживчій і транспортній упаковці та до яких належать закупорювальні засоби, етикетки, покриття, обгортки, герметизуючі, скріплюючі та амортизуючі засоби і речовини (матеріали), які створюють захисне середовище в упаковці [35].

Відсутність ефективної системи збирання відходів упаковки щороку призводить до втрати вагомого ресурсного потенціалу для переробної промисловості у вигляді відходів паперу і картону від 0,5 до 0,6 млн тонн, скла – 1 млн тонн, полімерів – 0,6 млн тонн. Як наслідок – погіршення екологічної ситуації [11].

Відповідно до експертних даних, Україна переробляє всього 12–14 % відходів упаковки. А згідно із дослідженням на замовлення Американської торговельної палати із 2,4 млн тонн упаковок, що вводяться в обіг щороку, втрачається близько 2 млн тонн ресурсоцінної сировини, зокрема – 33 % скла, 30 % паперу, 21 % полімерів, 10 % деревини, 4 % металів та 2 % інших відходів.

Коли почалась пандемія обсяги використаної упаковки збільшилися – відповідно до рекомендацій ВООЗ харчові продукти варто продавати в упаковці. Відтак, близько 30 % побутових відходів в Україні складають відходи упаковки. Більша частина цих відходів потрапляє на сміттєзвалища та єдиний працюючий сміттєспалювальний завод у Києві [36].

Як свідчить досвід розвинутих країн, введення відходів у господарський обіг забезпечує формування значної частини валового внутрішнього продукту та створення сотні тисяч робочих місць. Системи збирання, перероблення та утилізації стають джерелом постійно відновлюваних матеріально-сировинних ресурсів, яких потребує переробна промисловість [11].

Облік обсягів утворення, перероблення та утилізації відходів упаковки як вторинної сировини ведеться на державному рівні не в повному обсязі. Не реалізується європейський принцип розширеної відповідальності виробника, суб'єкти господарювання не несуть відповідальності за подальшу утилізацію використаної упаковки [11].

Основними принципами державної політики у сфері виробництва упаковки, поводження з упаковкою та відходами упаковки є зменшення обсягів захоронення відходів упаковки за рахунок збільшення обсягів їх утилізації, зменшення негативного впливу відходів упаковки на навколишнє природне середовище та здоров'я населення України, узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства щодо залучення відходів у господарський обіг [35].

До основних напрямів державної політики щодо реалізації зазначених принципів належить [35]:

- 1) державне управління і регулювання відносин у сфері поводження з упаковкою та відходами упаковки;
- 2) державна підтримка та економічне стимулювання діяльності у сфері поводження з упаковкою та відходами упаковки;
- 3) економічне регулювання заходів щодо утилізації відходів упаковки і зменшення обсягів їх накопичення;
- 4) зменшення питомої ваги упаковки на одиницю пакованої продукції;
- 5) попередження накопичення відходів упаковки;
- 6) недопущення повторного використання упаковки у разі втрати її функціонального призначення або зниження якісних характеристик;
- 7) забезпечення мінімізації вмісту шкідливих та небезпечних компонентів у складі упаковки;
- 8) забезпечення придатності використаної упаковки до її утилізації;
- 9) забезпечення максимального збирання, заготівлі та утилізації використаної упаковки і залучення її у господарський обіг з метою зменшення обсягів її захоронення;
- 10) застосування способів утилізації відходів упаковки, які відповідають сучасним вимогам щодо охорони навколишнього природного середовища;
- 11) встановлення норм утилізації відходів упаковки та забезпечення виконання цих норм;

12) затвердження тарифів на організацію збирання, заготівлі та утилізації використаної упаковки;

13) забезпечення повторного використання упаковки;

14) організація контролю за місцями чи об'єктами утворення, розміщення, перероблення і утилізації відходів упаковки;

15) забезпечення обліку упаковки на ринку України, обліку утворення та використання відходів упаковки;

16) створення та впровадження загальнодержавної системи збирання, заготівлі та утилізації використаної упаковки, потужностей з перероблення та утилізації відходів упаковки;

17) впровадження системи роздільного збирання відходів упаковки;

18) приведення вимог державних стандартів з технології виробництва упаковки та утилізації відходів упаковки до відповідних стандартів, прийнятих у Європейському Союзі;

19) доступності суб'єктів господарської діяльності до інформації у сфері поводження з упаковкою та відходами упаковки;

20) заборона ввезення на територію України продукції, упаковка якої містить шкідливі речовини чи під час переробки якої вони виникають; за відсутності в Україні потужностей з перероблення упаковки, яку планують ввезти, зобов'язань вивезти таку упаковку чи угод щодо їхнього перероблення, а також випуск і використання вищенаведеної упаковки на території України;

21) формування суспільної свідомості щодо необхідності підтримання сприятливого стану навколишнього природного середовища, поводження з упаковкою та відходами упаковки, раціонального використання ресурсів та залучення населення до роздільного збирання відходів упаковки.

Упаковка підлягає маркуванню відповідно до вимог технічних стандартів. Маркування упаковки здійснюється з метою визначення властивостей та складу упаковки, забезпечення роздільного збирання, повторного (багаторазового) використання упаковки та утилізації відходів упаковки з визначенням виду матеріалів, з яких упаковка була виготовлена. Маркування є засобом

ідентифікації і класифікації використаної упаковки для її використання як вторинної сировини у відповідних галузях промисловості [35].

Поводження з упаковкою та відходами упаковки здійснюється у відповідності до технічного регламенту, встановленого центральним органом виконавчої влади згідно з законодавством, що визначає вимоги до упаковки та поведження з відходами упаковки.

Відходи упаковки як сировинний ресурс з високим потенціалом можуть замінювати первинні ресурси і відігравати важливу роль у розвитку національної економіки, сприяючи ресурсозбереженню і забезпеченню сировинної незалежності держави, створюючи додатковий експортний потенціал. Такі відходи можливо використовувати для виробництва промислової продукції, будівельних матеріалів. Доцільним є їх широке та економічно ефективно використання, забезпечення належного збирання та заготівлі використаної упаковки як вторинної сировини [11].

Наприкінці ХХ століття шведський економіст Томас Ліндквіст розробив модель *розширеної відповідальності виробника* (РВВ). Така стратегія поведження з відходами дозволяє вирішити екологічні проблеми та стимулює бізнес до важливих змін.

По-перше, стратегія Ліндквіста дозволяє зменшити кількість відходів на сміттєзвалищах. По-друге, розробка Ліндквіста спонукає виробників переходити до замкнутого циклу виробництва. Раніше виробники контролювали лише якість продуктів та їх розподіл на ринку, тоді як РВВ передбачає відповідальність за збирання та подальшу переробку відходів упаковки. Так, виробники прагнуть збирати і переробляти стільки упаковок, скільки одиниць товару випускають на ринок. Це стимулює їх змінювати дизайн пакування – не лише за формою, а й матеріалами, які можна використати повторно [36].

Упаковка стає ресурсом для нового виробництва, а не сміттям. Це дозволяє не створювати її щоразу з нуля, беручи нові невідновлювальні ресурси.

З 90-тих років ХХ століття РВВ впроваджують країни Європейського Союзу. Зараз ця система діє вже у 26-ти державах-членах ЄС. Кожна країна розробляє свою систему збирання та переробки пакування, але спільна для всіх риса – принцип поступового підвищення цільових показників збирання упаковки. Якщо у 90-х роках ХХ століття у країнах ЄС збирали та переробляли від 20 % до 30 % пакування, то вже до 2016 року ці показники у деяких країнах досягли 80 %.

У Німеччині розширену відповідальність виробника спробували запровадити у 1991 році. Вже через два роки Указ про переробку упаковки набув чинності. У той час побутові відходи відправляли на окремі звалища – половину обсягу викинутого складав побутовий пластик та упаковка. Тому німецька влада спробувала впровадити механізм, який спонукав виробників і покупців товарів не викидати, а переробляти відходи упаковки. Зараз влада країни заявляє про сортування та подальшу переробку 90 % відходів упаковки. Контролюють процес завдяки Національному реєстру виробників, де кожна компанія звітує про кількість випущеної на ринок продукції в упаковці та кількість зібраних відходів [36].

У 2014 році Україна підписала Угоду про асоціацію із ЄС, а у 2017 році схвалила *Національну стратегію управління відходами*. Так уряд зобов'язався унормувати систему управління різними видами відходів – побутовими, промисловими, специфічними (відходи упаковки, відходи електричного та електронного обладнання, використаних батарейок, медичні та інші відходи).

Згідно зі Стратегією до 2030 року [11] Україна зобов'язалась переробляти до 65 % упаковки. Відтак вдасться досягти рівня переробки в ЄС за значно коротший термін, адже країни ЄС ще з 1994 року імплементували Директиву 94/62/ЄС про упаковку та відходи упаковки (зі змінами та доповненнями 2004 та 2018 року), яка встановлює цільовий показник збирання і переробки відходів упаковки на рівні 70 % до 2030 року.

Тема 18 Відходи будівельно-ремонтних робіт

Будівельні відходи – це будь-які будівельні матеріали, які не планується використовувати за призначенням, а також залишки будівельних, ремонтних та демонтажних робіт, включаючи роботи з капітального ремонту, реновації, реставрації, реконструкції або знесення будівель і споруд. Для прикладу, до будівельних відходів належать бита цегла, покрівельні матеріали, матеріали для зовнішнього та внутрішнього оздоблення будівель і споруд, шматки бетону та багато іншого, включно з новими зіпсованими, протерміновані або такі, що не можуть бути використані за призначенням [37].

Класифікація будівельних відходів:

- відходи підготовки будівельної ділянки, розбирання та знесення будівель;
- відходи будівництва будівель, споруд;
- відходи під час демонтажу, ремонту автодорожніх покриттів;
- відходи під час демонтажу, ремонту залізничного колійного господарства;
- інші відходи будівництва та ремонту.

Відходи будівельно-ремонтних робіт утворюються під час провадження таких видів діяльності, як будівництво нових будівель та споруд, їх реконструкція, остаточне знесення у зв'язку із закінченням строку експлуатації будівлі чи споруди тощо.

Результати проведеного аналізу свідчать, що на території промислових зон, військових частин перебуває значна кількість будівель, які потребують реконструкції чи знесення з метою звільнення території. Крім того, на вітчизняному ринку спостерігається збільшення обсягу інвестицій у будівництво гуртових торгових мереж, супермаркетів, торговельно-офісних центрів, складських приміщень, промислових цехів для нових виробництв. Реставрація старих будівель є економічно доцільною, в інших випадках проводиться їх майже повне руйнування для нової забудови [11].

Іншим джерелом утворення відходів будівельно-ремонтних робіт є матеріали, які утворюються під час спорудження нових будинків, зокрема під час зведення 100-квартирного будинку утворюється в середньому 15–20 т твердих відходів, основну масу яких становить бита цегла, залишки затверділого бетону та будівельного розчину, залишки стінових блоків з керамзитобетону, ніздрюватих бетонів, гіпсокартону, пінопласту, мінеральної вати тощо [11].

Ще одним джерелом утворення відходів будівельно-ремонтних робіт є відходи, що утворюються в процесі промислового виробництва будівельних матеріалів, зокрема відсівні щебневих кар'єрів, склобій, некондиційна цегла та залізобетонні конструкції, відпрацьовані гіпсові форми керамічних заводів. До них належать також тверді продукти, що утворюються під час реконструкції доріг [11].

Загалом відходи будівельно-ремонтних робіт складаються з таких продуктів, як бетон та залізобетон, цегла, метал, ґрунт, пісок, забруднений глиною, сантехнічна кераміка, деревина, скло, гіпсокартон, пластмаса, асфальтобетон. За оцінками дослідників, за масовим вмістом 52 % відходів будівельно-ремонтних робіт становлять бетон та залізобетон, 32 % – кам'яні стінові матеріали (цегла, стінові блоки, піно- та газобетон), 8 % – відходи асфальту та будівельних розчинів, 4 % – відходи металів, 2 % – відходи деревини та пластмас, 1 % – керамічні вироби (сантехнічна кераміка, керамічна плитка), 1 % – гіпсокартон, скло та інші відходи [11].

Особливої актуальності проблема відходів будівельно-ремонтних робіт в Україні набуває у зв'язку з тим, що найближчими роками вичерпується строк експлуатації застарілих будинків, проведення реконструкції яких визнане в установленому порядку недоцільним. Тобто усі вони в найближчому майбутньому можуть бути знесені і, відповідно, потребуватиме розв'язання проблема відходів будівельно-ремонтних робіт. Наприклад, від однієї застарілої п'ятиповерхівки утворюється в середньому 3 000 м³ відходів будівельно-ремонтних робіт [11].

Утворення відходів будівельно-ремонтних робіт залежить:

- від розвитку населених пунктів, а також транспортної інфраструктури;
- від утримання особливо старих житлових районів;
- від знесення особливо старих багатоповерхових будинків у житлових районах.

Відходи будівельно-ремонтних робіт є значним та невикористаним ресурсом.

Основна частина відходів будівельно-ремонтних робіт вивозиться на звалища та місця захоронення. У деяких випадках такі відходи використовуються для засипання або меліорації земель. Сталеві конструкції та великі пиломатеріали часто використовуються повторно або переробляються. У багатьох країнах-членах ЄС рівень переробки відходів будівельно-ремонтних робіт перевищив 80 %. Основна їх частина надходить від суб'єктів господарювання приватного сектору [11].

За ступенем небезпеки будівельні відходи в основному належать до четвертого класу, тобто є малонебезпечними. Однак, їх вивезення на звалище є не раціональним, оскільки цим збільшуються площі полігонів будівельних відходів, а пилоподібні фракції забруднюють повітряне середовище [37].

Будівельні відходи можуть бути перероблені за допомогою спеціального обладнання безпосередньо на місці робіт. Отже, частина відходів може перетворитися в необхідну вторсировину. Такі рішення приносять відчутну вигоду з точки зору захисту навколишнього середовища та фінансових витрат [37].

Найпростішим і економним варіантом видалення є захоронення будівельних відходів, що виконується на відведених для цього територіях – полігонах і кар'єрах. Але такий спосіб завдає певної шкоди довкіллю.

Ще одним способом видалення (або відновлення) є спалювання відходів під впливом високих температур [37].

Найбільш же раціональним способом відновлення (переробки) будівельних відходів є їх рециклінг – повна або часткова переробка відходів з повторним їх застосуванням.

Технологія рециклінгу містить [37]:

- повторне використання продукту переробки;
- виготовлення з переробленої сировини нових виробів;
- розщеплення або роздроблення для виділення присутніх необхідних компонентів;
- отримання необхідної енергії під час спалювання відходів.

У будівельній галузі рециклінг найчастіше полягає в переробці бетону і залізобетону, що залишаються у великій кількості у разі знесення нерухомих об'єктів, а також асфальтового покриття під час ремонту дорожнього полотна.

Ця технологія передбачає на першому етапі подрібнення великогабаритних будівельних відходів за допомогою гідронозиць або молота. Далі отриманий матеріал відправляється в дробильну установку, на виході з якої утворюється щебінь. Цей матеріал широко використовується:

- під час засипки отриманих після демонтажу будівлі котлованів;
- під час засипки небезпечних місць, наприклад, глибоких провалів;
- під час створення тимчасових доріг;
- термічно оброблений щебінь використовують для будівництва постійних доріг і магістралей [37].

Контрольні запитання до модуля 3

1. Що таке медичні відходи?
2. У чому полягає небезпека медичних відходів?
3. Які основні шляхи поводження з медичними відходами?
4. Що таке радіоактивні відходи?
5. Як забезпечується захист від шкідливого впливу радіоактивних відходів?
6. Наведіть класифікацію сільськогосподарських відходів.

7. Що таке відходи електричного та електронного обладнання?
8. Які основні методи поводження з відходами електричного та електронного обладнання, від чого залежить їх вибір?
9. У чому полягає необхідність створення системи збирання відходів упаковки?
10. Що таке розширена відповідальність виробника?
11. Що таке будівельні відходи?
12. Якими є основні способи поводження з будівельними відходами?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про відходи : Закон України від 05 берез. 1998 р. № 187/98-ВР [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.
2. Сталінська І. В. Поводження з побутовими відходами [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів 1 та 2 курсу всіх форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані.– Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 84 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/54197/>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.
3. Про відходи та про скасування деяких директив : Директива Європейського Парламенту і Ради від 19 лист. 2008 року № 2008/98/ЄС [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.
4. Горбаль Н. І. Безвідходне виробництво в Україні: досвід ЄС / Н. І. Горбаль, Я. О. Крохмальна // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. – 2021. – № 2 (6). – С. 149–156.
5. About zero waste [Electronic resource] / Zero-waste Europe : site. – Electronic text data – Regime of access: <https://zerowasteurope.eu/about/about-zero-waste/>, free (date of the application: 21.04.2023). – Header from the screen.
6. Reducing food loss and waste. Nestle [Electronic resource]: site. – Electronic text data – Regime of access: <https://www.nestle.com/sustainability/climate-change>, free (date of the application: 21.04.2023). – Header from the screen.
7. Top 10 zero-waste companies pushing for a sustainable future [Electronic resource]: site. – Electronic data – Regime of access:

<https://www.zerowaste.com/blog/top-10-zero-waste-companies/>, free (date of the application: 21.04.2023). – Header from the screen.

8. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля / Д. В. Зеркалов. – Київ : Основа, 2012. – 514 с.

9. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення : Державні санітарні правила та норми, затверджені Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 червн. 1999 р. № 29 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0029588-99#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

10. Горбунов О. Д. Сучасні маловідходні технології : консп. лекц. для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня очної та заочної форм навчання зі спеціальності 144 – Теплоенергетика / О. Д. Горбунов. – Кам'янське : ДДТУ, 2016. – 124 с.

11. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року від 8 лист. 2017 р. № 820-р [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

12. Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_022#Text, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

13. Сталінська І. В. Зниження екологічного ризику при поводженні з побутовими медичними відходами / І. В. Сталінська, О. Абазін // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. – Рівне, 2020. – Випуск 1 (89). – С. 74–83.

14. Державні санітарно-протиепідемічні правила і норми щодо поводження з медичними відходами [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 8 червн. 2015 р. № 325. – Електрон. текст. дані. –

Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0959-15#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

15. Сортування, маркування медичних відходів та управління медичними відходами в лікарні [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://epl.org.ua/human-posts/sortuvannya-markuvannya-medychnyh-vidhodiv-ta-upravlinnya-medychnymy-vidhodamy-v-likarni/#>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

16. Про поводження з радіоактивними відходами : Закон України від 30 червн. 1995 р. № 255/95-ВР [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

17. Про загальні положення безпеки при поводженні з радіоактивними відходами до їх захоронення : Наказ Державної інспекції ядерного регулювання України від 1 серп. 2017 р. № 279 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1045-17#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

18. Загальні положення безпеки атомних станцій : Наказ Державної інспекції ядерного регулювання України від 19 лист. 2007 р. № 162 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-08#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

19. Поводження з радіоактивними відходами: в Україні та світі [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/news/povodzhennya-z-radioaktyvnymy-vidhodamy-v-ukrayini-ta-sviti>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

20. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 2 лют. 2005 р. № 54 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

21. Пасюк О. Неможливо впоратись. Поводження з радіоактивними відходами в Україні після аварії на Чорнобильській АЕС [Електрон. ресурс] / О. Пасюк ; Центр екологічних ініціатив «Екодія». – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/NuclearWesteA4_UA_web.pdf, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

22. Поводження з радіоактивними відходами [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані – Оновлюється постійно. – Режим доступу:<https://chnpp.gov.ua/ua/activity/development-of-raw/povodzhennia-z-radioaktyvnymy-vidkhodamy>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

23. Горобець О. В. Класифікація сільськогосподарських відходів і вибір технології їх утилізації [Електрон. ресурс] / О. В. Горобець // Екологічні науки № 4(31). – 2020. – С. 225–229. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://eco.j.dea.kiev.ua/archives/2020/4/37.pdf>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

24. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – Київ, 2009. – 552 с.

25. Amending Decision 2000/532/EC on the list of waste pursuant to Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council : Commission Decision of of 18 December 2014 2014/955/EU [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955>, free (date of the application: 21.04.2023). – Header from the screen.

26. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005–96 : введено в дію наказом Держстандарту України 29.02.1996 № 89 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

27. Слободенюк О. А. Утилізація рослин, забруднених дихлордифенілтрихлорметилметаном / О. А. Слободенюк // Науковий вісник НЛТУ України, 2012. – Вип. 22.11. – С. 128–132.

28. Міллер Л. Утилізація туш у малих і середніх тваринницьких фермах : Практичні рекомендації / Л. Міллер, Г. Флорі // EMPRES Focus On. – 2018. – № 13. – 10 с.

29. Маковецька Ю. М. Аналіз особливостей утворення та поводження з відходами на сільських територіях [Електрон. ресурс] / Ю. М. Маковецька // Ефективна економіка. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4684>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

30. Скляр Р. В., Анаеробна утилізація сільськогосподарських відходів в біогазових установках [Електрон. ресурс] / Р. В. Скляр, О. С. Курашкін // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., Мелітополь, 2–27 лист. 2020 р. – С. 55–59. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/skljar_r-2020.pdf, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

31. Сталінська І. В. Технологія утилізації хімічних засобів захисту рослин [Електрон. ресурс] / І. В. Сталінська // Екологічні науки : науково-практичний журнал. – 2022. – Випуск 6 (45). – С. 60–65. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.10>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

32. Репецький Д. С. Утилізація відходів електричного та електронного обладнання [Електрон. ресурс] / Д. С. Репецький, В. А. Іщенко // XXVI Науково-технічна конференція Вінницького національного технічного університету, Вінниця, 15–24 берез. 2017 р. – С. 1624–1625. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/319674429_Utilizacia_vidhodiv_elektricno

[go ta elektronного obladnanna](#), вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

33. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення / за заг. ред. О. М. Цигульової. – Київ : ВЕГО «МАМА-86», 2013. – 172 с.

34. Досвід деяких країн у поводженні з електронними та електричними відходами / Н. В. Качмар, О. Т. Мазурак, А. І. Дидів, Т. В. Багдай // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького, 2019. – Т. 21. – № 90. – С. 59–62.

35. Про упаковку та відходи упаковки [Електрон. ресурс] : Проект Закону України від 5 лют. 2016 № 4028. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=58083, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

36. Лаущенко О. Упаковка – ресурс, а не сміття. Що таке розширена відповідальність виробника [Електрон. ресурс] / О. Лаущенко // Економічна правда. – 2021. – 10 с. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2021/06/10/674719/>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

37. Утилізація, відновлення та рециклінг будівельних відходів. Будівельні відходи [Електрон. ресурс]: сайт. – Електрон. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://ecological.investments/budivelni-vidxodi.html>, вільний (дата звернення: 21.04.2023). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

СТАЛІНСЬКА Ірина Вікторівна
ХАНДОГІНА Ольга Вадимівна

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання: *І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна*

План 2021, поз. 56Л

Підп. до друку 25.05.2023. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 8,8.

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

