

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

**УПРАВЛІННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи  
для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності  
7(8).04010601 „Екологія та охорона навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖЕНО  
на засіданні кафедри  
"Технології неорганічних  
речовин та екології".  
Протокол № 8 від 09.03.16

Сєвєродонецьк, 2016

УДК 628.544

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни „Управління поводження з відходами” для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 7(8).04010601 „Екологія та охорона навколишнього середовища” / Уклад.: Є.І. Зубцов, В.В. Казаков. — Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. — 61 с.

Наведено теми практичних занять, план та зміст самостійної роботи студентів з дисципліни „Управління поводження з відходами”, вказана необхідна навчальна література.

Укладачі:

к.т.н., доц. Зубцов Є.І.,  
д.т.н., доц. Казаков В.В.

Рецензент:

к.б.н., доц. Блінова Н.К.

Відповідальний за випуск:

д.т.н., проф. Суворін О.В.

## ЗМІСТ

Вступ	4
I. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	5
II. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	6
План самостійної роботи студентів	7
1. Техногенні родовища	7
2. Збір і транспортування промислових відходів (ПВ) і забруднень	9
3. Складування і захоронення ПВ на звалищах, полігонах ТПВ, поверхневих і підземних сховищах	10
3.1 Екрани шламонакопичувачів	11
3.2 Схема захоронення відходів в шламонакопичувачах	12
3.3 Підземне захоронення	13
4. Спалювання ПВ спільно з побутовим сміттям	14
5. Обробка і утилізація ПВ і забруднень на спеціалізованих полігонах	15
6. Переробка та утилізація ПВ по повній заводській технології	20
7. Біохімічна обробка ґрунтів, забруднених нафтовідходами (НВ)	28
8. Утилізація нафтовідходів у виробництві будівельних матеріалів	28
9. Відходи виробництва каустичної соди	29
9.1 Ртутьвмісні відходи	30
10. Утилізація оксидних і металевих матеріалів	31
10.1 Шлаки і золи	31
10.1.1 Утилізація шлаків	32
10.1.2 Золи і шлаки ТЕЦ, ТЕС і великих котелень	35
10.1.3 Горілі землі ливарних виробництв	36
10.2 Утилізація відходів виробництва силікатних матеріалів	36
10.2.1 Утилізація скловідходів	37
10.3. Утилізація металів і сплавів	38
10.3.1 Сплави кольорових металів	39
10.3.2. Сплави кольорових і рідкісних металів	43
10.4 Відходи золота, срібла і платинових металів	47
11. Відходи деревообробної та лісової промисловості	48
11.1 Відходи картону та паперу	50
11.2 Хімічна і енергохімічна переробка відходів деревини і твердих органічних матеріалів	51
11.3 Утилізація лігніну	51
12. Газифікація відходів твердих органічних матеріалів	52
13. Відходи будівництва та промисловості будівельних матеріалів	53
14. Відходи сільського господарства, харчової промисловості та лікувально-профілактичних установ	55
Література	59

## ВСТУП

Дисципліна "Управління та поводження з відходами" є одним із основних розділів промислової екології. Дисципліна вивчає основні методи, правила і технології вилучення і переробки твердих відходів, утилізацію відходів та основне обладнання, яке використовується в процесах вилучення і переробки, в зв'язку з інженерними проблемами охорони навколишнього природного

Метою курсу є ознайомлення з процесами утилізації твердих відходів, методами поводження з ними на території України та за кордоном, їх накопиченням та захороненням, можливістю використання відходів у якості вторинної сировини, з початковими відомостями про склад та стан відходів, норми їх утворення в різних кліматичних зонах та на територіях з різним рівнем розвитку, перспективними сучасними технологіями знешкодження твердих відходів, використанням геосинтетичних матеріалів у процесах захоронення відходів.

Студент, який закінчив вивчення даної дисципліни, здатен:

- використовувати основні методи переробки відходів в процесах їх утилізації;
- орієнтуватися у системі законодавства України в сфері поводження з відходами;
- використовуючи існуючі закономірності, розраховувати теплотворну здатність відходів при термічному методі їх утилізації;
- визначати кількісні характеристики емісії звалищного газу з полігонів твердих побутових відходів;
- використовуючи сучасні нормативи накопичення відходів, розраховувати необхідні параметри сховища для їх безпечної ізоляції;
- ідентифікувати основні компоненти твердих побутових відходів для їх наступної класифікації;
- проводити моніторинг викидів важких металів в енергетичних установках;
- розраховувати матеріальні баланси утворення та переробки відходів основних виробництв;
- працювати з учбовою літературою та іншими джерелами інформації з поводження з відходами для поглиблення знань;
- володіти відповідною термінологією для спілкування з науковцями.

## **I. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Практичні роботи призначені для поглиблення засвоєння теоретичного матеріалу.

Тема 1. Законодавство України про поводження з відходами. Література: [1-6].

Практична робота 1: Основні терміни. Поліфункціональний класифікатор. (2 години).

Тема 2. Розрахунок кількісних характеристик емісії звалищного газу з полігонів твердих побутових відходів. Література: [7].

Практична робота 2: Постановка проблеми. Аналіз досліджень. Загальна характеристика полігонів відходів та процесів деструкції твердих побутових відходів. (2 години).

Практична робота 3: Розрахунок викидів забруднюючих речовин з полігонів. (2 години).

Тема 3. Моніторинг викидів важких металів в енергетичних установках. Література: [8].

Практична робота 4: Визначення викидів забруднювальних речовин за даними постійних вимірювань. Визначення викидів забруднювальних речовин розрахунковими методами. Визначення викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок. (2 години).

Практична робота 5: Визначення викидів важких металів. Спалювання вугілля, мазуту, природного газу. Визначення об'єму сухих димових газів. (2 години).

Тема 4. Відходи сірчаноокислотного виробництва. Література: [9].

Практична робота 6: Розрахунок балансу переробки відходів сірчаноокислотного виробництва. (2 години).

Тема 5. Процеси подрібнення і класифікації твердих відходів. Література: [9].

Практична робота 7: Розрахунки в процесах подрібнення і класифікації твердих відходів. (2 години).

## II. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Самостійна робота студентів регламентується Положенням про організацію навчального процесу в вищих навчальних закладах України, затвердженого наказом Міністерства освіти України № 161 від 2 червня 1993 року та Положенням про систему нарахування балів за кредитно-модульною системою.

Мета самостійної роботи студентів:

- розвиток творчих здібностей та активізація розумової діяльності студентів;
- формування в студентів потреби безперервного самостійного поповнення знань;
- здобуття студентом глибокої системи знань;
- самостійна робота студентів як результат морально-вольових зусиль.

Завдання самостійної роботи студентів:

- навчити студентів самостійно працювати над літературою;
- творчо сприймати навчальний матеріал і його осмислювати;
- набути навички щоденної самостійної роботи в одержанні та узагальненні знань, вмінь.

Зміст самостійної роботи студентів з конкретної дисципліни визначається навчальною програмою дисципліни та робочою навчальною програмою вивчення дисципліни.

На самостійну роботу студентів в рамках курсу "Управління та поведження з відходами" виносяться:

- підготовка до лекцій;
- частина теоретичного матеріалу, яка розширює і доповнює основний лекційний матеріал;
- підготовка до семінарських занять;
- підготовка до контрольних робіт.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з конкретної дисципліни може виконуватись у бібліотеці, а також у домашніх умовах.

Успішне виконання завдання самостійної роботи можливе за умов наявності у студентів певних навичок: вміння працювати з книгою (складати план, конспект, реферат); проводити аналіз навчального матеріалу (складати різні види таблиць, проводити їх аналіз).

Контрольні заходи самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни "Управління та поведження з відходами" включають поточний і підсумковий контроль знань студентів.

Поточний контроль є органічною частиною навчального процесу і проводиться під час лекцій і семінарських занять.

При кредитно-модульній системі навчання самостійна робота впливає на загальний рейтинг з дисципліни. Вона контролюється після закінчення логічно завершеної частини лекцій та інших видів занять з дисципліни і її результати враховуються при виставленні підсумкової оцінки.

Навчальний матеріал навчальної дисципліни, передбачений робочим навчальним планом для засвоєння студентами у процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль – іспит.

## План самостійної роботи студентів

Тема 1. Техногенні родовища

Література: [10, 11].

Тема 2. Збір і транспортування промислових відходів (ПВ) і забруднень

Література: [12-14].

Тема 3. Складування і захоронення ПВ на звалищах, полігонах ТПВ, поверхневих і підземних сховищах.

Література: [12, 14, 15].

Тема 4. Спалювання ПВ спільно з побутовим сміттям.

Література: [10, 14, 15].

Тема 5. Обробка і утилізація ПВ і забруднень на спеціалізованих полігонах.

Література: [14].

Тема 6. Переробка та утилізація ПВ по повній заводській технології.

Література: [10, 14].

Тема 7. Біохімічна обробка ґрунтів, забруднених нафтовідходами (НВ).

Література: [10, 16].

Тема 8. Утилізація нафтовідходів у виробництві будівельних матеріалів.

Література: [10, 17].

Тема 9. Відходи виробництва каустичної соди.

Література: [10, 18, 19].

Тема 10. Утилізація оксидних і металевих матеріалів.

Література: [10, 19].

Тема 11. Відходи деревообробної та лісової промисловості.

Література: [10, 20, 21].

Тема 12. Газифікація відходів твердих органічних матеріалів.

Література: [10, 18].

Тема 13. Відходи будівництва та промисловості будівельних матеріалів.

Література: [10, 15, 17].

Тема 14. Відходи сільського господарства, харчової промисловості та лікувально-профілактичних установ

Література: [22, 23].

### 1. Техногенні родовища

Розглядаючи проблеми вичерпності природних ресурсів, не можна не звернути увагу на той факт, що значна їх частина не зникає з поверхні Землі (на відміну від нафти, газу, вугілля і ін.), а лише розсіюється в літосфері. Тобто, загальна маса окремих сполук на Земній кулі залишається постійною. Тому сам по собі напрошується висновок про те, що вирішальним на даному етапі розвитку людства є не дефіцит корисних копалин, як такий, а доступність та економічна ефективність їх отримання від природи. Очевидно, що настане час, коли переробляти відходи буде більш економічно доцільно, ніж добувати поклади корисних копалин із значних глибин земних надр. Однак біда в тім, що до такого можливого балансу проживати на Земній кулі може бути ніде. Тому на даному етапі визначальним все ж є екологічний фактор, хоча щорічно зростає роль і економічного фактору.

Останнім часом, переважно в науковій та нормативній літературі, зустрічаються роботи з приводу різноманітних аспектів існування техногенних родовищ. Стаття 5 Кодексу України "Про надра" свідчить, що "техногенні родовища корисних копалин – це місця, де накопичилися відходи видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені і мають промислове значення. Такі родовища можуть виникнути також внаслідок втрат при зберіганні, транспортуванні та використанні продуктів переробки мінеральної сировини". Співробітники Інституту геохімії навколишнього середовища НАНУ пропонують розширити таке визначення, знявши обмеження про наявність в родовищі лише мінеральної складової: "Техногенним родовищем необхідно вважати такі накопичення відходів, котрі крім наявності технологій і обладнання для переробки в товарну продукцію відповідають також наступним умовам:

- товарна продукція, котру отримують в результаті експлуатації техногенного родовища є конкурентоздатною в порівнянні з первинною сировиною того ж призначення по технологічно – економічних показниках;

- запаси вторинної техногенної сировини, зокрема відходів, перевищують об'єм, необхідний для окупності затрат на освоєння техногенного родовища".

Таке визначення дозволяє включати в господарський обіг будь – які види відходів, в тому числі і ТПБВ. При цьому можна виділити три характерні особливості, котрі відрізняють техногенні родовища від природних:

- серед техногенних родовищ переважають родовища малого та середнього класу (за об'ємом запасів сировини), котрі є найбільш екологічними з точки зору терміну експлуатації, знешкодження токсичних відходів, вивільнення додаткових територій і т.п.;

- техногенні родовища в режимі реального часу здатні поновлювати свої об'єми;

- серед техногенних родовищ значне місце займають так звані дисперговані родовища, аналогів котрим в природі не існує. Прикладом таких техногенних родовищ кольорових металів можуть служити шлами гальванічних виробництв, котрі розподілені практично по всіх промислових підприємствах, хоча в сукупності складають достатньо суттєвий об'єм.

Геологічне вивчення техногенних родовищ України підтвердило доцільність їх розробки. Встановлено, що найбільш перспективними на сьогодні є шлаки, шлами, золи, фосфогіпси, продукти флотації, гравітаційного збагачення, шахтні та рудні мінералізовані стоки, в котрих містяться значні концентрації металів та інших корисних речовин. Наприклад, лише на 16 обстежених ДПП "Геопрогноз" підприємствах в рудних промвідходах виявлено, (тис. т): залізо – 6800; алюміній – 972; марганець – 507; стронцій – 229; титан – 115; цинк – 97; фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 52; мідь – 34; сурма – 28; цирконій – 21; свинець – 18; церій – 11; ніобій – 9; лантан – 9; оксид літію (Li<sub>2</sub>O) – 7; ітрій – 4,6; ртуть – 3,6; ванадій – 2,7; миш'як – 2,4; нікель – 1,9; хром – 0,4; інші рідкісні й рідкісноземельні метали можуть бути одержані в кількостях від 0,9 тис. т (скандій) до 0,1 (гафній); концентрації золота оцінюються в 8 т і срібла – 98 т. Орієнтовна вартість вилучених металів може коштувати на світовому ринку близько \$5 млрд. Причому, по території України виявлені техногенні родовища з промисловими



концентраціями вказаних металів розподілені досить нерівномірно. В доцільності розробки таких техногенних родовищ переконує і той факт, що для багатьох з перерахованих вище металів розвідані природні родовища на Україні відсутні. Якщо зважити на простоту добування, незначну вартість техногенної сировини, розміщення її на промислово облаштованих територіях, то техногенні родовища мають значні переваги перед природними.

Згідно техніко – економічних оцінок, техногенна сировина в 5 – 15 разів дешевше природної. Лише з відходів гірничо – збагачувальних комбінатів Криворізького залізорудного басейну, кількість котрих вже сягає 10 млрд т, Україна при розробці може отримати близько 1000 т золота, значні кількості срібла, платини, ванадію, германію, напівдорогоцінного каміння – гранату, агату, яшми, халцедону і ін.

В загальному випадку визначити склад та стан ТПВ досить важко. Вони можуть бути як в сухому стані, так і у вигляді пульпи. За розмірами часток вони коливаються від високодисперсних порошків до глиб рудного матеріалу. Щодо складу, то тут можливо вести мову лише про конкретний вид відходів.

## **2. Збір і транспортування промислових відходів (ПВ) і забруднень**

В даний час у світовій практиці намітилась тенденція переходу до централізованої обробки ПВ на полігонах і підприємствах із заводською технологією знешкодження та утилізації корисних вторинних продуктів, що утворюються, в тому числі тепла, що відходить від процесів спалювання. Заводська технологія переробки відходів, особливо, що виробляє теплову електричну енергію, яка споживається сторонніми організаціями, передбачає наявність чіткої регламентованої системи збору та систематичної доставки вихідної сировини, в даному випадку ПВ, які частково є паливом.

У світовій практиці використовуються чотири основні принципові схеми доставки твердих побутових відходів (ТПВ) і ПВ, які часто комбінуються між собою і доповнюють один одного.

За першою схемою збір відходів здійснюється автомобільним транспортом, який доставляє їх безпосередньо на місця обробки або на перевантажувальні станції, де вони ущільнюються і перевантажуються на великовантажні автомобілі. При цьому перевага віддається перевезенню відходів в контейнерах. За другою схемою завантаження здійснюється в залізничні цистерни, вагони, піввагони або на платформи. Тут також приділяється велике місце контейнерному способу перевезень.

Повна вартість перевезення залізницею залежить від пунктів відправлення і призначення, маршрутів перевезень, обсягу відходів, типу вагонів. При цьому істотно здешевлюється перевезення відходів в вагонах великої вантажопідйомності. На рис. 1 показана зміна собівартості в залежності від відстані перевезень.

Третьою системою передбачено вивезення відходів з міста водним транспортом. Водним шляхом транспортують відходи в Лондоні (видаляється близько 700 тис. т відходів щорічно), Антверпені, Женеві, Гамбурзі, Роттердамі. У країнах СНД, наприклад, було проведено видалення забруднених донних відкладень і мілин Москви-ріки землечерпальними снарядами. За чотири роки на ділянці в 18 км вийнято і перевезено баржами в встановлені місця звалищ понад 4 млн. м<sup>3</sup> відкладень, забруднених нафтопродуктами і іншими технічними речовинами.

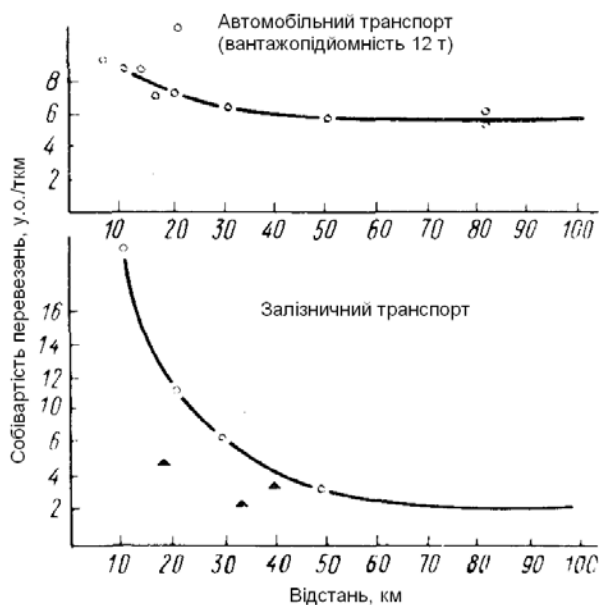


Рис. 1. Зміна собівартості перевезень (у.о./ткм) в залежності від відстані перевезень

Крім залізничного та автомобільного транспорту, відходи можуть доставлятися на місце переробки контейнерним пневмотранспортом по трубах, прокладених на землі, під землею або під водою. Такий вид транспортування відходів конкурентоспроможний з іншими видами при певних міських умовах. Пневмотранспорт використовують переважно для видалення ТПВ, для транспортування ж ПВ він застосовується ще не в достатній мірі.

### 3. Складування і захоронення ПВ на звалищах, полігонах ТПВ, поверхневих і підземних сховищах

До середини 70-х років ХХ ст. зважаючи на відсутність ефективних засобів обробки та утилізації великої кількості ПВ були широко поширені методи їх складування на міських звалищах разом з ТПВ або на спеціалізованих звалищах ПВ, які в більшості випадків мали примітивний пристрій. В даний час такий метод складування і знешкодження відходів заборонений. Примітивні сміттєзвалища замінюються на організовані полігони ТПВ.

Відходи складують на ґрунт з дотриманням умов, що забезпечують захист від забруднення атмосфери, ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод, що перешкоджають поширенню хвороботворних мікроорганізмів. На полігонах проводиться ущільнення ТПВ, що дозволяє збільшити навантаження відходів на одиницю площі, забезпечуючи тим самим економне використання земельних ділянок. Після закриття полігонів поверхню землі рекультивують для подальшого використання земельної ділянки. Основна умова прийому ПВ на полігони ТПВ - дотримання санітарно-гігієнічних вимог щодо охорони атмосферного повітря, ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод. Головними критеріями прийому токсичних ПВ на полігони ТПВ є склад фільтрату при рН=5-10, температурі 10-40°C, здатність до самозаймання, виділенню отруйних газів, інтенсивному пиленню. ПВ, які припускаються для спільного складування з ТПВ,

повинні відповідати технологічним умовам: мати вологість не більше 85%, не бути вибухонебезпечними, самозаймистими, самозайматися. Не допускаються для спільного складування ПВ, температура самозаймання яких менше 120°C, а також всі відходи, здатні до самозаймання за рахунок хімічних реакцій в товщі складованої маси. ПВ, що припускаються на полігон, не повинні виділяти пари і гази, що дають вибухонебезпечні або отруйні суміші з повітрям і газами полігонів.

ПВ IV класу небезпеки приймаються на полігони ТПВ без обмежень в кількісному і якісному відношенні. Шматки більше 250 мм укладають в товщу робочого шару ТПВ, а відходи, що мають фракційний склад 0,15 – 250 мм, що містять шкідливі речовини в допустимих межах, використовують в якості ізолюючого шару. Ці відходи характеризуються вмістом токсичних речовин у водній витяжці (1 л води на 1 кг відходів) на рівні фільтрату з ТПВ, а інтегровані показники БСК<sub>пл</sub> і ГДК складають не більше 300 мг/л.

ПВ IV-III класів небезпеки, що приймаються в обмеженій кількості (не більше 30% маси ТПВ) та складаються разом з побутовими, характеризуються вмістом в водній витяжці токсичних речовин на рівні фільтрату з ТПВ та значеннями БСК<sub>20</sub> і ГДК – 4000-5000 мг/лО<sub>2</sub> (близькі за показниками до фільтрату з ТПВ).

Шар ТПВ та ПВ, що захоронюється на звалищах, досягає зазвичай великої товщини. Після вичерпання можливості складування звалища засипають землею, але в товщі відходів протягом десятків років йдуть біологічні процеси анаеробного зброджування органічної частини відходів з виділенням біогазу. На місцях колишніх великих звалищ в ряді випадків вважається економічним налагодити промисловий видобуток біогазу.

Шламонакопичувачі - основний тип промислових сховищ, які будують за одно- та багатокаскадним принципом зі створенням греблі, берегів і чаші шламосховища. Для того щоб промислові стоки, що зливаються, не фільтрувались через стінки і дно ставків-відстійників, застосовуються екрани з різних матеріалів.

### **3.1 Екрани шламонакопичувачів**

Екрани з суглинку є найбільш поширеними. Однак цей спосіб захисту має ряд істотних недоліків – при екрануванні великих площ він трудомісткий: пошарове укладання, змочування, укочування доріг вимагають сотень тисяч кубічних метрів ґрунту. Крім того, він недостатньо ефективний, оскільки не виключає повністю фільтрації і з плином часу піддається розущільненню.

Екрани з поліетиленової плівки є більш ефективними, так як практично повністю виключають фільтрацію, при цьому способом не потрібно розробки кар'єрів якісного ґрунту, він дешевше, ніж суглинний екран. Однак цей спосіб має і недоліки: необхідні ретельне планування поверхні, видалення рослинних залишків і великих включень з ґрунту. Крім того, з'єднання швів плівки є трудомістким процесом; для стоків хімічної промисловості потрібно попереднє вивчення впливу хімічних компонентів на плівку; після пуску в експлуатацію ставка-накопичувача екран з плівки практично недоступні до ремонту і важко відновні.

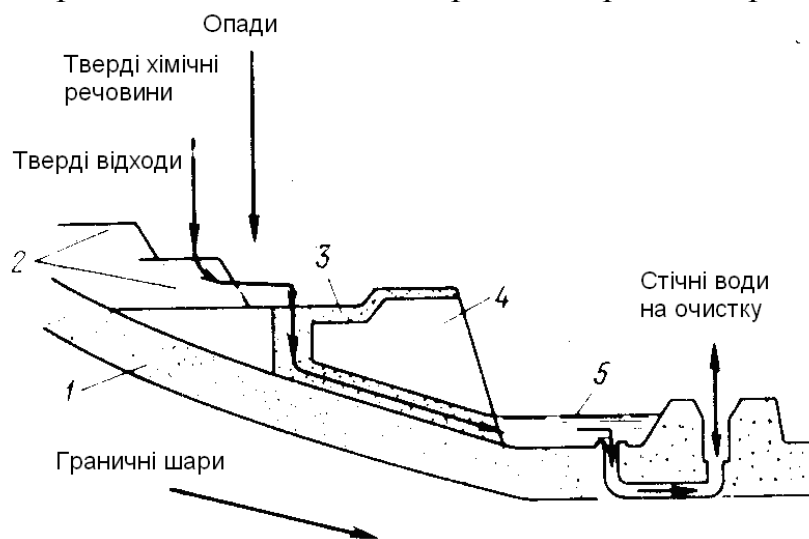
Екран з бітумно-латексних покриттів роблять так: по вирівняній і

ущільненій гладкими катками основі укладають шар крупнозернистого асфальтобетону товщиною 5 см, який покривають бітумно-латексною емульсією в 3 шари по 2 мм. Поверх бітумно-латексної емульсії укладають рулонну металеву сітку з дроту діаметром 3 мм з осередками 100x100 мм, яку покривають шаром дрібнозернистого асфальту товщиною 3 см. Перед укладанням першого шару асфальтобетону всю поверхню обробляють гербіцидами для попередження проростання насіння рослин, здатних порушити цілісність екрану.

Для екранування застосовують протифільтраційні стінки з заглинізованих ґрунтів із застосуванням високодисперсних глин. Недоліком цього способу є сезонність робіт при зведенні стіни. При існуючій технології створення стінки в зимовий час утруднено у зв'язку з порушенням процесів глінізації і диспергування частинок в розчинах та неможливістю їх відкладення на ґрунтах, що підлягають екрануванню.

### 3.2 Схема захоронення відходів в шламонакопичувачах

На рис. 2 показана схема захоронення відходів в шламонакопичувачі, запропонована компанією "Юніон Карбайд" (США). Річна кількість відходів підприємств зазначеної компанії в штаті Вірджинія перевищує 12 000 м<sup>3</sup> твердих і напіврідких речовин. Ці відходи в залежності від фізико-хімічного складу перед захороненням піддають попередній обробці. Горючі матеріали



(близько 70 м<sup>3</sup>/добу) спалюють до отримання твердого залишку в спеціальних печах, інертні матеріали (близько 110 м<sup>3</sup>/добу) піддають дробленню, метали (близько 7 м<sup>3</sup>/добу) - сепарації. Отримані в результаті відходи ущільнюють і ними заповнюють спеціально створену ступінчасту виїмку. Конструкція виїмки і її розміщення створюють умови для стоку ґрунтових і підземних вод в

Рис. 2. Схема захоронення відходів, розроблена компанією "Юніон Карбайд" (США):

1 - водонепроникний шар; 2 - поетапне заповнення; 3 - проникний шар; 4 - утримуючий насип; 5 - збірник стічних вод.

спеціальний басейн-збірник, з якого вони подаються на біологічну очистку, а шлам повертається на захоронення.

Звалище не впливає на навколишнє середовище, що підтверджується даними контрольних постів навколо неї. Однак при розрахунковій тривалості експлуатації 20 років загальні витрати складуть приблизно 3,8 млн. дол., що в 5,7 рази перевищує вартість захоронення на звичайних комунальних звалищах. Таким чином, незважаючи на можливість безпечного захоронення відходів, рекомендувати даний спосіб для ширшого поширення з економічної точки зору недоцільно.

### 3.3 Підземне захоронення

Підземне захоронення промстоків шляхом їх закачування в глибокі свердловини набуло поширення в ряді зарубіжних країн. До переваг даного методу відноситься зменшення забруднення поверхневих вод, а також виключення при такому захороненні необхідності їх повного знешкодження.

Значний досвід підземного захоронення промислових стоків є в США. На другу половину ХХ ст. в США було 124 зареєстрованих свердловин з наступним розподілом за галузями промисловості, %:

- хімічна, нафтохімічна, фармацевтична – 55;
- очисні підприємства, установки на природному газі – 20;
- виробництво металів (головним чином сталеплавильних заводів) – 7;
- інші – 18.

В країнах СНД підземне захоронення промстоків переважно пов'язано з видаленням стічних вод нафтопромислів. Стічні води нафтопромислів відрізняються зазвичай високою мінералізацією і в багатьох випадках значним вмістом сірководню.

Як показала практика підземного захоронення, найбільш придатними для скидання промислових стоків є осадові породи: пісковики, вапняки, доломіт, які мають досить високу проникність. Пласт-колектор повинен залягати нижче рівня ґрунтових вод, бути добре ізольований і не містити підземних вод, придатних для господарсько-питних і промислових цілей. Такі пласти-колектори залягають, як правило, на глибині понад 300–400 м.

Стоки, що підлягають підземному захороненню, за стандартами США не повинні містити великої кількості суспензії, волокон, колоїдних частинок, органічних опадів. Їх слід піддавати попередній обробці з метою видалення цих компонентів. Стоки, що закачуються не повинні містити масла, жири, парафін, речовини, що осмолюються, а також включення, що сприяють бактеріальній діяльності, так як все це може привести до дуже швидкої закупорці привибійної зони свердловини і виходу її з ладу.

Вибір ділянки для підземного захоронення відходів вельми складний і оцінюється за багатьма геологічними, гідродинамічними та санітарними критеріями. Недоліками методу підземного захоронення є:

- неможливість надійного контролю за поширенням в пласті забруднюючих речовин;
- труднощі, пов'язані з технікою підземного видалення великого числа промислових стоків;
- необоротне забруднення багатьох підземних формацій;
- можливість потрапляння відходів шляхом дифузії і конвекції в природні підземні потоки;
- відсутність інформації про поведінку відходів при їх вступі в контакт з розчинами і породами формації в умовах підвищених температур і тисків;
- підвищення або зниження токсичності деяких компонентів відходів через розмивання;
- можливість утворення більш токсичних сполук в результаті хімічної взаємодії між відносно нешкідливими сполуками.

#### 4. Спалювання ПВ спільно з побутовим сміттям

На сміттєспалювальні і сміттєпереробні заводи рекомендується приймати лише тверді горючі ПВ (в кількості приблизно 8% загального обсягу). ПВ, що підмішують до ТПВ, не повинні давати шкідливих газоподібних викидів, що перевищують ГДК. У певних дозах (5-8%) до ТПВ можуть підмішувати полімерні матеріали (за винятком виготовлених на основі хлору і фтору), гуму, а також деякі інші відходи. За кордоном на сміттєспалювальних заводах для спільного спалювання з ТПВ іноді приймають невелику кількість твердих горючих відходів промислового походження, нетоксичних за своїм складом, а також рідких горючих відходів. Так, італійська фірма "Де Бартоломейс" запропонувала і здійснила на сміттєспалювальному заводі "Мілан-2" технологію спалювання сміття та нафтовідходів.

Привезені на завод нафтовідходи (рис. 3) зливають в три вертикально розташованих резервуари місткістю  $20 \text{ м}^3$  кожен, які мають систему парового підігріву (легкозаймісті рідини на завод не приймаються). У резервуарах нафтовідходи відстоюються протягом двох діб при температурі  $40-50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

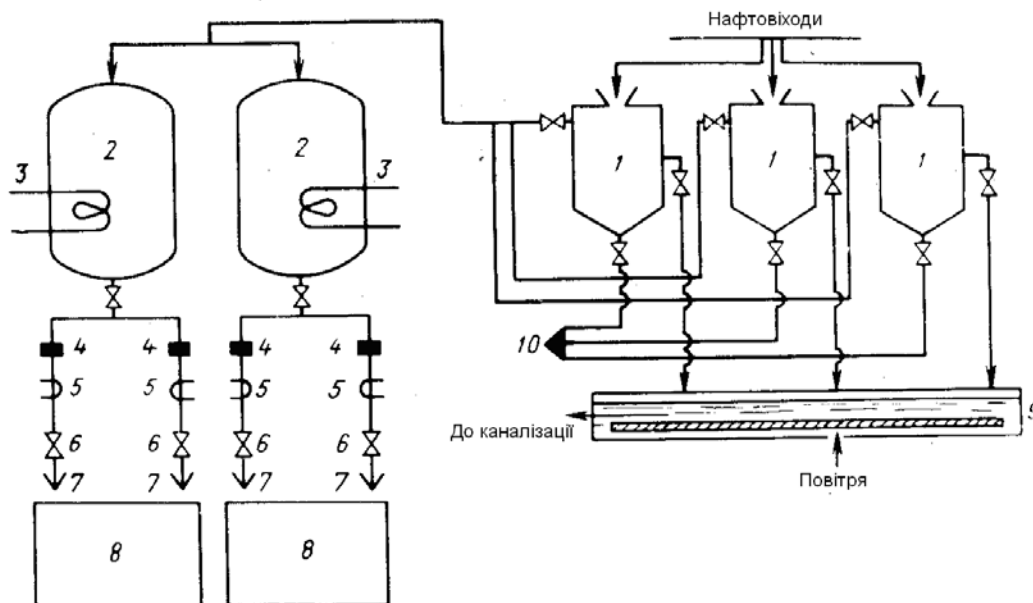


Рис. 3. Схема спалювання нафтовідходів на заводі "Мілан-2":

1 - прийомні резервуари об'ємом по  $20 \text{ м}^3$ ; 2 - витратні ємності по  $40 \text{ м}^3$ ; 3 - змішувачі підігріву; 4 - фільтри тонкого очищення; 5 - підігрівач масла; 6 - крани; 7 - форсунки; 8 - сміттєспалювальні печі; 9 - флотаційна установка; 10 - шлам для підмішування в сміття

Оригінальний склад нафтовідходів коливається в широкому діапазоні і може містити до 98% води. Після розшарування нижня частина, яка містить пісчано-глинистий шлам з сорбированими нафтопродуктами, подається в бункер, де змішується зі сміттям, а потім надходить в піч для спалювання. Кількість цього шламу незначна в порівнянні із загальним обсягом сміття.

Середня зона в розділюючому резервуарі являє собою забруднену нафтопродуктами воду, яка подається на флотацію в два паралельно працюючих флотатора, виконаних з монолітного бетону і розташованих в будівлі. Флотація здійснюється стисненим повітрям через перфоровані металеві труби. Плівку

нафтопродуктів збирають зверху і направляють на розшарування, а очищену воду з концентрацією 50 мг/л зливають у каналізаційну мережу.

Нафтопродукти, що спливли з верхньої частини приймальних резервуарів зливають в дві заглиблені ємності об'ємом по 40 м<sup>3</sup> кожна. Середня теплота згоряння цих нафтопродуктів 12,6 МДж/кг. У нижній частині кожної з витратних ємностей є змішувач, який призначений для підігріву нафтопродуктів до 20 °С з метою зручності транспортування і подальшої фільтрації, в процесі якої відокремлюються великі механічні включення. Потім нафтопродукти підігрівають до 90 °С і подають у ротаційні форсунки, розташовані в кінцевій зоні решіток. Продуктивність форсунок 100 кг/год кожна, на кожній печі змонтовано по дві форсунки. Таким чином, продуктивність заводу за нафтовідходами становить близько 10 т/добу на 600 т сміття. На звалища вивозять оброблений і стерилізований шлак після спалювання.

### **5. Обробка і утилізація ПВ і забруднень на спеціалізованих полігонах**

Полігони для знешкодження та захоронення токсичних ПВ є природоохоронними спорудами, призначеними для регулярного централізованого збору, видалення, знешкодження і захоронення неутілізованих токсичних відходів, забруднень і некондиційних продуктів (речовин) промислових підприємств, науково-дослідних організацій і установ, розташованих в одній або декількох промислових зонах. Кількість і потужність полігонів для кожного промислового району обґрунтовується техніко-економічними розрахунками.

Відповідно до СНіП 2.01.28-85, в складі полігонів передбачається будівництво трьох основних об'єктів, які можуть бути розташовані на одній або декількох окремо розташованих майданчиках:

- цехи для знешкодження токсичних ПВ і некондиційних продуктів (речовин), призначених для спалювання і фізико-хімічної переробки цих відходів і продуктів з метою їх повного знешкодження або зниження токсичності (класу небезпеки), переведення їх в нерозчинні форми, знешкодження і скорочення об'єму відходів і забруднень, що підлягають захороненню;
- ділянки захоронення відходів і забруднень, що представляє собою територію, на якій розташовуються спеціально обладнані карти або котловани, куди складують різні групи токсичних твердих відходів;
- гаража спеціалізованого парку автомашин, призначених для транспортування токсичних ПВ.

Обробка ПВ на полігонах є більш прогресивним способом, ніж скидання на звалища ТПВ, оскільки поряд з захороненням і примітивним спалюванням, тут передбачаються установки для промислової обробки деяких видів промислових відходів.

Прийому на полігони не підлягають:

- радіоактивні відходи;
- нафтопродукти, що підлягають регенерації;
- деревні відходи (тирса, тара і т.д.);
- виробничі та будівельні відходи.

Полігони слід розміщати у вільних від забудови, відкритих, добре

провітрюваних непідтоплюємих місцях, на яких можливе здійснення заходів та інженерних рішень, що виключають забруднення населених пунктів, зон масового відпочинку і джерел питного водопостачання (відкритих водоймищ і підземних вод). Розмір санітарно-захисної зони від полігону до населених пунктів і відкритих водойм встановлюється з урахуванням місцевих умов (клімат, рельєф, тип ґрунтів, напрямок вітрів і т.д.), але не менше 3000 м. Полігони повинні розташовуватися на відстані не менше 200 м від сільськогосподарських угідь та транзитних магістральних доріг і не менше 50 м від лісових масивів і лісових посадок. Полігони слід розміщувати, як правило, на ділянках зі слабо фільтруючими ґрунтами (глина, суглинки, сланці і т.д.), що характеризуються коефіцієнтом фільтрації не більше  $10^{-5}$  см/с. Рівень ґрунтових вод при їх найбільшому підйомі з урахуванням підйому води при експлуатації полігону повинен становити не менше 2 м від нижнього рівня захоронення відходів (заглиблення 7–15 м).

Відповідно до зазначених вище нормативних документів на всі відходи, що вивозяться на полігони, повинен складатися паспорт з технічною характеристикою складу відходів і коротким описом заходів безпеки поводження з ними на полігоні при їх захороненні або спалюванні.

Горючі відходи підлягають спалюванню. На відміну від звалищ, для цього на спеціально виділеній ділянці полігону слід побудувати піч, режим роботи якої повинен забезпечувати спалювання при температурі 1000--1200 °С, що виключає забруднення навколишнього повітря. Піч повинна бути оснащена газоочисними і пиловловлювальними спорудами.

В процесі експлуатації полігону необхідно проводити систематичний поточний контроль службою полігону і вибірковий контроль СЕС за рівнем вмісту токсичних інгредієнтів в ґрунтових водах, в ґрунті території, прилеглої до полігону, в рослинах навколо полігону, а також в атмосферному повітрі в радіусі 3 000 м.

Всі токсичні ПВ, що надходять на полігони, за своїми фізико-хімічними властивостями і методам переробки поділяються на групи, в залежності від яких застосовується той чи інший метод знешкодження і захоронення. В СНіП 2.01.28-85 вказано приблизний перелік тринадцяти груп відходів і рекомендованих методів їх переробки. Прийому на полігони підлягають тільки ПВ 1,2,3 і 4 класів небезпеки, перелік яких в кожному конкретному випадку узгоджується з органами санітарного нагляду і замовником проекту полігону.

Схема розміщення ділянок прийому ПВ показана на рис. 4. ПВ, що поступають на полігон умовно можна розділити на п'ять основних груп. Рідкі відходи, що містять органічні домішки, складають більше половини всіх привезених на полігон ПВ. До складу рідких відходів входять в різних кількостях і поєднаннях органічні сполуки, продукти органічного синтезу, високомолекулярні сполуки, відходи виробництва пластичних мас і смол, органічні розчинники, відходи виробництва синтетичних каучуків і т.д. Рідкі відходи гальванічних виробництв мають в своєму складі солі важких металів, вологість 96-98%, реакція середовища коливається від кислої до лужної.



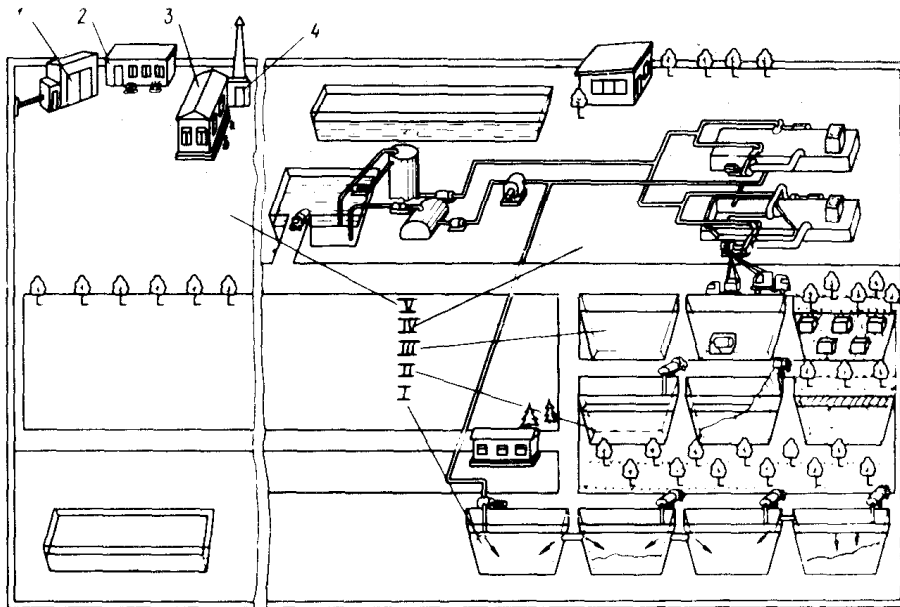


Рис. 4. Ділянки прийому та знешкодження промислових відходів на спеціалізованому полігоні:

I - ділянка знешкодження ПВ, що містять неорганічні сполуки; II - ділянка захоронення негорючих ПВ, що містять органічні сполуки; III - ділянка захоронення особливо шкідливих відходів; IV - ділянка термічного знешкодження рідких ПВ; V - адміністративна ділянка; 1 - контрольно-пропускний пункт і вагова; 2 - хімічна лабораторія; 3 - адміністративна будівля; 4 - котельня.

Нафтовідходи - суміш легкозаймистих і горючих рідин, а також відпрацьовані масла (машинні, турбінні, веретенні), мазути, забруднені розчинники (бензол, толуол, ксилол, гас, ацетон, метанол, амілацетат, бутилацетат, бутанол). Вміст води в нафтовідходах – 70-90%. Відходи умовно тверді (в тому числі сипучі і пилоподібні матеріали - сажа, пігменти, барвники, наповнювачі, каоліни, різні порошки, хімреактиви, бруд з мазутних резервуарів) - являють собою суміш нафтобітуму, гудрону з водою і піском.

Всі прийняті відходи повинні ліквідуватися шляхом захоронення або спалювання в відкритих бункерах на поверхні землі. Практика показала, що захоронення рідких відходів в котлованах, відкритих в товщі кембрійських глин, пов'язане з великими труднощами, а спалювання нафтовідходів в відкритих бункерах веде до сильного задимлення і забруднення повітряного басейну токсичними продуктами неповного згорання.

Можливо впровадження термічного методу знешкодження рідких ПВ. Близько 10% відходів, одержуваних у результаті попереднього відстою в котлованах полігону, є рідкими горючими відходами, що не підлягають регенерації. При спалюванні 1 т горючих відходів одночасно знешкоджується до 6 т рідких негорючих відходів.

Особливістю промислового варіанту печі є те, що в ній поряд зі спалюванням рідких горючих відходів знешкоджуються рідкі негорючі відходи, що містять органічні і мінеральні домішки. Горючі відходи разом з повітрям надходять в камеру згорання. Відпрацьовані гази охолоджуються в рекуператорі і викидаються в атмосферу, рідкі негорючі відходи надходять в рекуператор, де

нагріваються газами. Пари легколетких органічних сполук і азеотропних сумішей, а також упарений розчин, насичений висококиплячими органічними домішками, надходять в камеру згорання, де термічно знешкоджуються.

Камера згорання і рекуператор тепла газів, що відходять (рис. 5) є єдиним апаратом, який представляє собою металеву циліндричну трубу, закриту з торців. Один кінець труби футерован на 1/5 частину, довжини, до нього тангенціально підвішені повітря- і паропроводи. На протилежному кінці труби розташований патрубок відводу газів, що відходять з паровою сорочкою. В сорочку по паропроводу надходять рідкі промислові негорючі відходи, які нагріваються теплом газів, що відходять і надходять через штуцер в резервуар для розпарювання. Труба горизонтально закріплена на дні резервуара, який закритий кришкою і парозбірником, що служить для відводу парів ПВ і з'єднаним паропроводом з камерою згорання.

Максимальний збір і утилізація тепла, що виділяється при спалюванні, досягаються співвідношенням футерованої (зона спалювання) і нефутерованої частини труби (теплообмінник) 1:5 – 1:8, а також тим, що труба закріплена на дні резервуара, заповненого негорючими ПВ. Енерговитрати на випаровування ПВ знижуються в результаті попереднього нагрівання їх залишковим теплом газів, що відходять. В установці знешкоджують горючі, а також негорючі ПВ, що містять органічні і неорганічні домішки, при питомій витраті 0,14- 0,33 горючих відходів на 1 кг негорючих. Горючі відходи спалюють у футерованій частині камери при тангенціальній подачі повітря в три зони з певним співвідношенням витрат, причому в останню, розташовану біля виходу з камери згорання, повітря подається з протилежного напрямку по відношенню до двох інших. Температура в центрі горіння становить 1200-1300 °С, температура газів на виході з печі 400-600 °С. При обраних режимах на одній установці щодоби в середньому спалюється до 10 т горючих відходів і термічно знешкоджується до 60 т.

Близько 40% всіх прийнятих полігоном рідких ПВ знищується термічним методом з використанням в якості палива не підлягають регенерації рідких горючих ПВ. При більшому надходженні з міста рідких горючих ПВ полігон зміг би відповідно більшу частину прийнятих відходів знищувати надійним і дешевим термічним методом замість трудомісткого і дорогого знищення шляхом захоронення в товщі кембрійської глини.

Розроблено та впроваджено каскадний метод знешкодження відходів гальванічних виробництв. Цей метод також не пов'язаний з захороненням всього обсягу відходів і полягає в хімічній нейтралізації токсичних домішок. Процес відбувається в послідовно з'єднаних ємностях, виритих в товщі кембрійської глини.

Рідкі відходи з вологістю 96-99% і різним хімічним складом надходять в приймач для природного осадження суспензій, солей, шламів, механічних домішок. Освітлений розчин, що містить розчинні солі металів, переливають в ємність окислення-відновлення; туди ж надходять ПВ залізного купоросу.

Після закінчення окислювально-відновного процесу рідку фазу переливають в нейтралізатор, де осаджують катіони важких металів у вигляді гідроксидів і солей шляхом створення необхідного лужного середовища додаванням ПВ, що

містять вапно, їдкий натрій, кальциновану соду, поташ. Хімізм процесу полягає в гідролізі вапна, нейтралізації кислого середовища, осадженні гідроксидів металів, а також сульфат-іонів і карбонат-іонів.

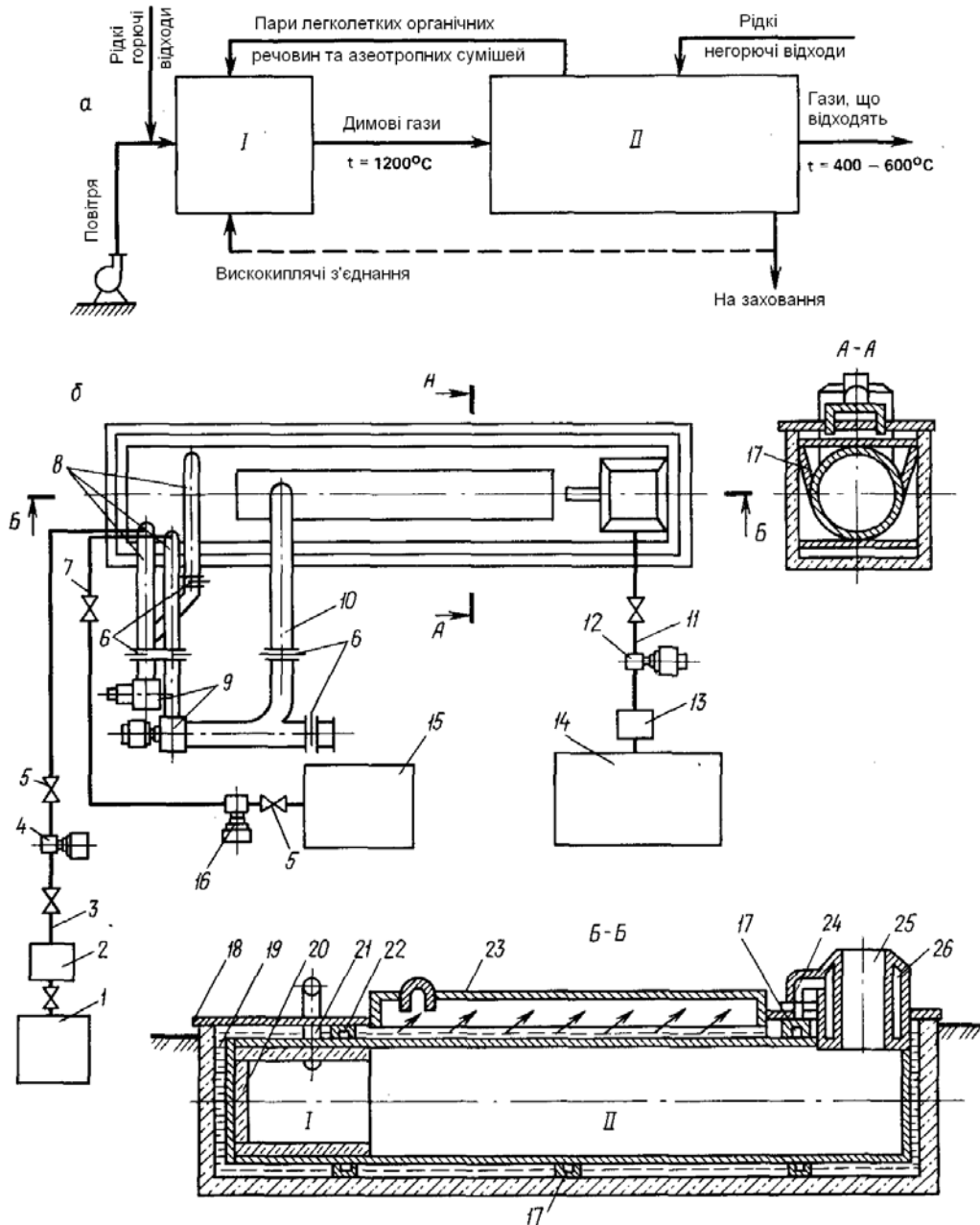


Рис. 5. Принципова схема установки термічного знешкодження ПВ (а) і установка термічного знешкодження рідких ПВ (б):

I - камера згорання; II - рекуператор тепла газів, що відходять; 1 - ємність для нафтовідходів і горючих рідин; 2 - сітчастий фільтр; 3 - трубопровід горючих відходів; 4 - насос; 5 - вентиль; 6 - шибери; 7 - трубопровід; 8 - повітряпровід; 9 - вентилятор; 10 - паропровід; 11 - трубопровід до сорочки відведення газів; 12 - відцентровий насос; 13 - фільтр; 14 - ємність з горючими рідкими ПВ, що містять органічні і мінеральні домішки; 15 - ємність з негорючими рідкими відходами, що містять органічні сполуки; 16 - насос; 17 - елемент кріплення труби в резервуарі; 18 - кришка резервуара; 19 - залізобетонний резервуар; 20 - футерований торець; 21 - циліндрична металева труба; 22 - цегляне футерування; 23 - парозбірник; 24 - штуцер; 25 - канал для відведення газів, що відходять; 26 - сорочка каналу.

Знешкоджену рідину, що містить в своєму складі сульфат-іон, нітрат-іон, хлорид-іон, іони кальцію, калію, натрію, магнію, кремнію в концентраціях, які перевищують гранично допустимі, переливають в збірник знешкодженої рідинної фази і звідти направляють на випаровування. По мірі накопичення осаду в першій ємності каскад переміщається: друга ємність стає першою, третя - другою, четверта - третьою, для четвертої ємності відривають котлован. Першу ємність покривають шаром кембрійської глини і рослинного ґрунту, потім сіють трави, садять дерева і декоративні чагарники.

Каскадний метод знешкодження відходів, що містять мінеральні домішки, дозволяє вести процес знешкодження безперервно, з невеликими витратами земельних площ, так як безпосередньому захороненню піддається лише невелика частина відходів - тверді токсичні відходи, шлами і суспензії. Основну масу відходів (близько 90%) у вигляді знешкодженої рідинної фази не захороняють. Разом з тим локальна поява в певних ємностях важких металів у вигляді гідроксидів і нерозчинних солей створює передумови для їх подальшого вилучення та утилізації.

Головним недоліком полігонів такого типу є велика питома вага технологічних процесів, пов'язаних з захороненням відходів. Існування таких полігонів обмежено в часі наявними площами, в результаті використання яких полігон повинен бути закритий.

## **6. Переробка та утилізація ПВ по повній заводській технології**

За останній час в розвинених промислових країнах Західної Європи і США переробка основної маси ПВ ведеться централізовано, по повній заводській технології. При цьому практично виключається процес захоронення або складування відходів на території підприємств за винятком золи, шлаку і зневоднених гальваношламів, які в міру накопичення вивозяться на переробку в будівельні матеріали або для інших цілей.

Одним із зразкових підприємств такого типу є завод "Коммунікемі" в м. Ніборга (Данія). Завод розташований в центрі країни і займає площу 5 га. Приймальний пункт заводу має під'їзні автомобільні дороги та залізничну гілку, уздовж якої на довжині 170 м побудована платформа, призначена для розвантаження бочок і товарних вагонів. Спеціальне місце виділено для розвантаження залізничних цистерн.

Для спорожнення цистерн, що привозять нафтовідходи, розчинники, рідкі токсичні відходи, на заводі застосовується трубопровідний транспорт, так що, починаючи з місця розвантаження і до установки знешкодження, персонал не має безпосереднього контакту з токсичними відходами.

Пастоподібні відходи хімічної промисловості, використані консистентні мастила, жироподібні речовини привозять в бочках, які встановлюють на рухомий рольганг, розкривають спеціальними ножами і транспортують далі до місця спалювання.

До складу основного технологічного обладнання, змонтованого на заводі "Коммунікемі", входять:

- установка для обробки відпрацьованих мастил;

- установка для обробки забруднених розчинників, включаючи обладнання для спорожнення бочок, що містять пожежовибухонебезпечні речовини;
- установка для обробки неорганічних хімічних забруднень;
- установка з барабанною піччю для спалювання і прожарювання промислових твердих, рідких і пастоподібних відходів;
- котел-утилізатор і система очищення димових газів;
- спеціальна циклонна піч з мокрим очищенням димових газів для термічного знешкодження галогенмістких вуглеводнів.

Значне місце на заводі займають наземні резервуари для зберігання рідких хімічних відходів і нафтопродуктів. Для складування твердих відходів на час ремонту або технічного обслуговування обладнання призначене спеціальне сховище.

Технологічна схема заводу "Коммунікемі" представлена на рис. 6. Тут від однієї станції контролю і приймання відходів, що надходять по залізниці та автотранспортом, відгалужуються дві лінії спалювання для галогенмістких і всіх інших відходів. Доставлені на завод відпрацьовані мастила і нафтомісткі відходи піддаються обробці шляхом нагрівання до 90-100 °С і подальшого відстоювання в вертикальних резервуарах, де вони поділяються на чотири фракції:

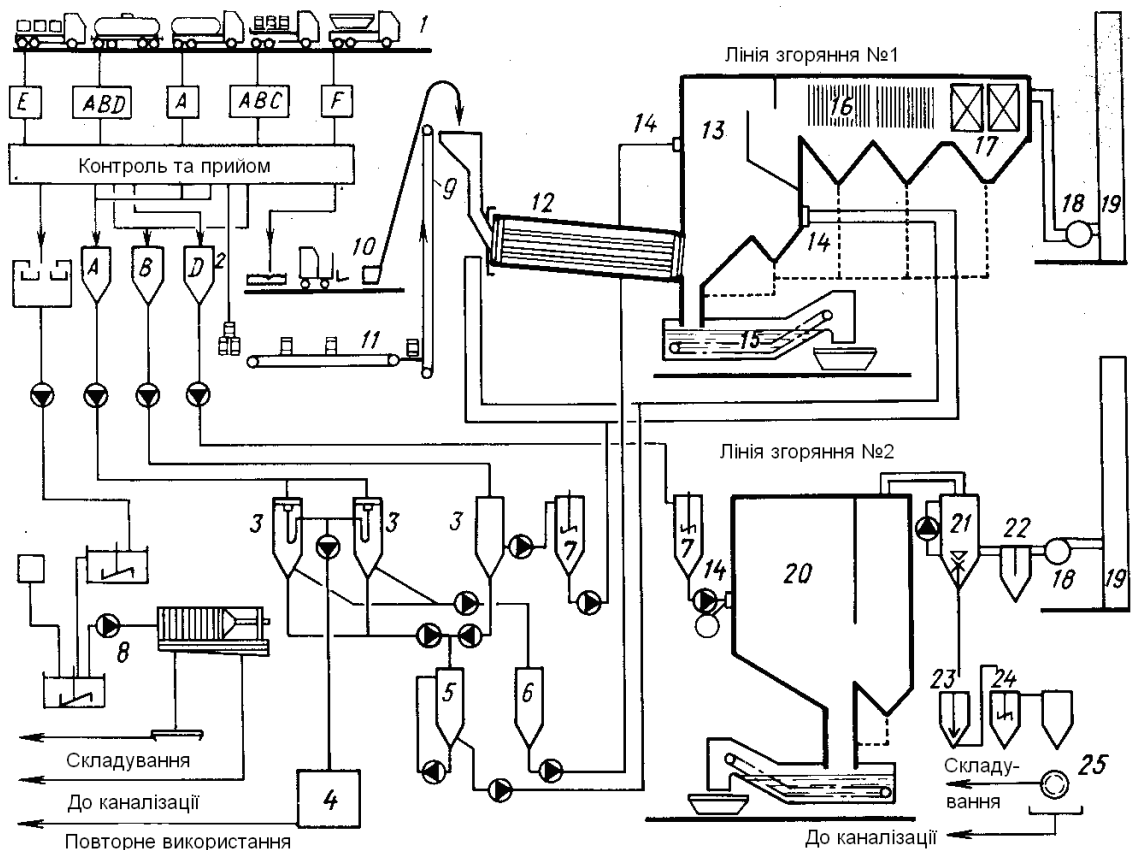


Рис. 6. Технологічна схема заводу «Коммунікемі»:

1 - розвантажувальна платформа; 2 - прийомні резервуари; 3 - обробні резервуари; 4 - бак-накопичувач; 5, 6 - витратні баки; 7 - мішалки; 8 - фільтрпрес; 9-11 - завантажувальні пристрої; 12 - барабанна піч; 13 - камера допалювання; 14 - форсунка; 15 - шлаковидалення; 16 - котел-утилізатор; 17 - електрофільтр; 18 - димосос; 19 - труба; 20 - камерна піч; 21-25 - система мокрого очищення газів.

- осад, що перекачується на спалювання двошпоршневими насосами і який попередньо проходить через дробарки;

- воду, що подається в камеру допалювання;

- масло, що йде споживачам для вторинного використання;

- легкозаймисті відходи, які збираються в верхній частині резервуара і направляються в конденсатор, а потім в рідкому вигляді змішуються з розчинниками, які привозили окремо, і направляються на спалювання. Розчинники служать паливом для барабанної печі, що є основним обладнанням заводу для знешкодження відходів.

Завантаження відходів в піч може здійснюватися наступними способами:

- скіповим підйомником для твердих відходів;
- ліфтом для металевих бочок і барабанів місткістю до 200 л;
- поршневими насосами для подачі згущених нафтовмісних опадів, зібраних після відстоювання забруднених мастил і розчинників.

ПВ, що поступають на спалювання через завантажувальні вузли перемішуються і згоряють в барабанній печі. Оптимальний режим її роботи забезпечується регулюванням частоти обертання барабана. Тверді і рідкі шлаки на виході з барабанної печі потрапляють в мокрий шлаковий бункер і транспортуються на склад. Незгорілі частки і гази надходять в камеру допалювання, де підтримується температура 900-1000 °С.

Якщо внаслідок низької теплоти згорання відходів або неповного згорання температура в барабані знижується, то через розташований збоку пальник подається додаткове паливо, що сприяє підвищенню температури і повному згорянню відходів.

Для забезпечення повного вигорання газів, що відходять в камеру вторинного спалювання з великою швидкістю вдувають вторинне повітря. Правильно обрана протяжність і спрямованість потоку газів, що відходять забезпечує їх повне допалювання і рівномірне навантаження котла.

Розташований після камери допалювання паровий котел забезпечує тепловою енергією потреби заводу, а надлишок пари використовується для підігріву води в системі тепlopостачання міста. Температура перегрітої пари становить близько 240 °С, температура вихідних з котла газів коливається в межах 280-300 °С.

У літню пору частина пари охолоджується в повітряних конденсаторах, а конденсат повертається на рециркуляцію. Для покриття втрат води в термічній системі станції побудована установка водопідготовки для повного знесолення продуктивністю 4 м<sup>3</sup>/год.

Гази, що відходять очищаються в електрофільтрі. Пил осідає на вертикально встановлені коронуючі електроди і осаджувальні пластини, які періодично очищаються ударним способом за допомогою падаючого молота. Вся установка для спалювання працює під зниженим тиском, яке створюється димососом.

Шлаки і зневоднені гальванічні шлами вивозять в певне місце і складують з дотриманням безпеки. Лінія спалювання для галогенмістких відходів значно менше лінії, призначеної для спалювання всіх інших відходів. Замість барабанної

там застосовують камерну піч. Специфіка токсичних газів, що відходять вимагає їх мокрому очищенню в скрубери. Стічну воду, що утворюється нейтралізують вапном, а зневоднені димові гази об'ємом 30 000 м<sup>3</sup>/год через трубу викидаються в атмосферу. Очищену стічну воду зливають в систему міської каналізації, а зневоднений шлам направляють на майданчик зберігання і для подальшого використання.

Іншим прикладом сучасного підприємства із заводською технологією переробки та утилізації ПВ є комплекс, побудований в Фінляндії.

Згідно попередньо виконаному дослідженню в Фінляндії щорічно утворюється близько 110 000 т ПВ і забруднень. Частина з них переробляється промисловістю, тому в якості вихідних даних при проектуванні нового підприємства по переробці складних відходів було прийнято 65 000 т в рік. Цей потік ПВ, що надходять на завод, складається з мастиломістких відходів, що спалюються, органічних відходів, відходів розчинників, малих партій складних відходів, неорганічних відходів, відходів з полі-хлорованими біфенілами (ПХБ) та гербіцидами.

Форми фізичного стану відходів сильно варіюються. З точки зору технологічних процесів обробки відходи розділені на три групи: рідкі, пастоподібні і тверді.

Безпечна і раціональна переробка відходів на підприємстві висуває свої вимоги до упаковки відходів і транспортним засобам, що використовуються. На підприємство відходи можуть надходити в залізничних вагонах і цистернах, в автоцистернах, в мулососах, на вантажних машинах.

ПВ, що поступають на завод в залежності від своїх властивостей піддаються фізико-хімічній або термічній обробці. Фізико-хімічними методами в основному переробляють неорганічні відходи, такі як: кислоти, луги, розчини ціанідів, хроматів, попередньо нейтралізовані шлами.

Щоб відходи піддавалися якісній обробці, беруть проби. Залежно від результатів аналізу для партії відходів підбирають правильний спосіб обробки, для кожного виду відходів передбачена своя розвантажувальна лінія. Для відходів, що містять ціаніди, передбачено окреме приміщення для обробки. Таким чином для запобігання проникненню кислих компонентів в ціанід і подальше утворення ціаністого водню.

Принцип обробки гальванічних відходів, що надходять на фізико-хімічну установку у вигляді розчину або пульпи та містять неорганічні речовини, такі, як кислоти, луги, солі і т.і., полягає в перетворенні шкідливих речовин в безпечні або менш шкідливі з'єднання, або в їх осадженні як важко розчинних з'єднання, які можна виділити шляхом фільтрації. Осад, що містить шкідливі речовини перевозять на спеціальне звалище. Фільтрат, в якому вміст шкідливих речовин нижче граничних значень, узгоджених з органами влади, спускають у каналізаційну мережу навколишнього міста. Обробка гальванічних відходів ведеться за схемою, показаної на рис. 7.

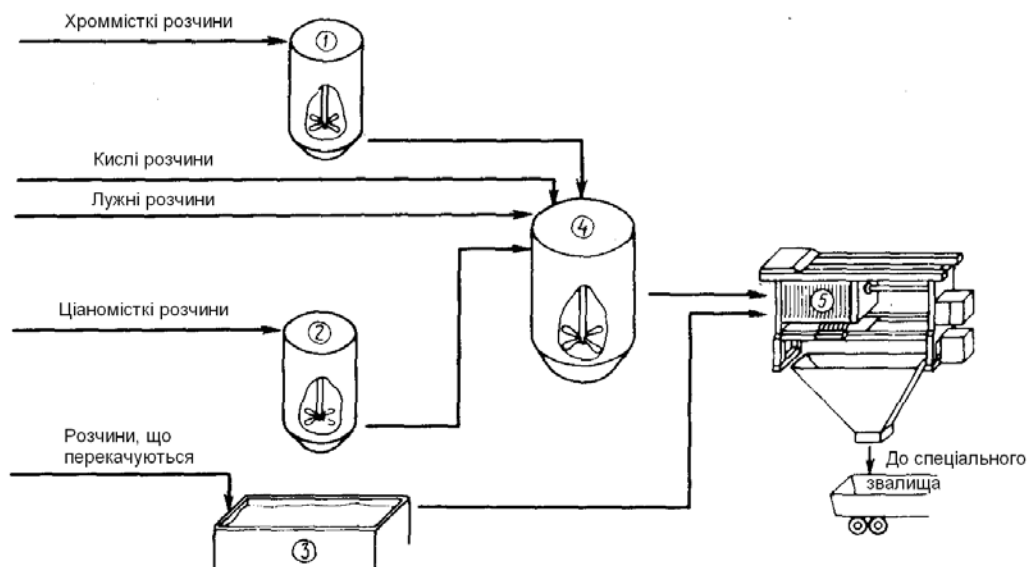


Рис. 7. Схема роботи хімічної лінії:

1 - відновлення; 2 - окиснення; 3 - обробка пульпи; 4 - нейтралізація; 5-фільтр-прес.

Хроммісткий розчин переміщують зі складського резервуара в реактор для відновлення хрому, де шестивалентний хром відновлюють сульфідом натрію в тривалентний хром. Так як процес відбувається в кислому розчині, то перед відновленням додають необхідну кількість сірчаної кислоти. Після того як забезпечено досить низький вміст шестивалентного хрому, розчин подають на нейтралізацію, де тривалентний хром осідає у вигляді гідроксиду.

Для речовин, що містять ціаніди, передбачено окреме приміщення обробки, в якому також знаходяться перед подальшою обробкою і транспортні цистерни. Транспортні цистерни розвантажують в резервуар окиснення, після чого їх миють водою, яку направляють в резервуар окиснення в якості розбавника. Після додавання вапняного молока (рН вище 10,5) ціанід окислюється гіпохлоритом в ізоціанат. Після того, як досягнуто достатньо низький вміст ціаніду, стоки надходять на нейтралізацію.

Нейтралізація проводиться в резервуарі, в який подають спочатку певну кількість кислих розчинів з відповідного складського резервуара або з резервуара відновлення хрому. Потім частину кислот нейтралізують лужними розчинами, які отримуються з резервуарів окиснення ціанідів або з відповідного складського резервуара, інші кислоти нейтралізують вапняним молоком. Коли розчин стає лужним, важкі метали осідають в якості гідроксидів.

Після того, як необхідне значення рН (7-10) досягнуто, проводиться фільтрація пульпи на фільтрпресі. Осад перевозять на спеціальне звалище, і фільтрат направляють в контрольний резервуар, де рН можна додатково відрегулювати до необхідного значення. Коли аналізами встановлено, що вміст шкідливих речовин нижче допустимих значень, фільтрат спускають через басейн технологічної води в каналізаційну мережу міста. В іншому випадку фільтрат повертають на вторинну обробку.

У цеху спалювання безперервно знешкоджується близько 50000 т різних



видів відходів в рік. З цієї кількості особливо забруднені стічні води становлять близько  $15000 \text{ м}^3/\text{г}$ . Тепло рекуперується в котлі-утилізаторі. Димові газ перед підведенням в димову трубу очищають за допомогою скрубберу, зрошеного вапняною водою і рукавного фільтра. Поступаючий з цеху спалювання і скрубберів шлак, пил і промивні відходи складують на спеціальному звалищі. В цех спалювання через приймальний пункт надходять такі види ПВ:

- рідкі відходи - відпрацьоване мастило, органічні відходи, галогенмісткі розчинники, відходи з вмістом поліхлорованих біфенілів, стічні води, що спалюються;
- пастоподібні відходи - лакофарбові, барвисті і клейові відходи, а також масляні пульпи;
- тверді відходи - упаковані відходи в бочках, лікарняні відходи, інші види твердих відходів, подача яких в барабанну піч здійснюється за допомогою грейфера;
- газоподібні відходи - гази, що надходять з вакуумних насосів приймального пункту відходів.

Лінія спалювання (рис. 8) складається з барабанної печі, котла-утилізатора, скруббера і пилового фільтра. Відходи спалюють у барабані печі, що обертається і в камері допалювання. Бочки з твердими відходами надходять в цех спалювання по рольгангу, з якого вони по одній переміщаються через затвор в живильний бункер барабанної печі. Решта тверді відходи після гомогенізації подають грейферним краном в живильний бункер, звідки вони надходять на спалювання в піч.

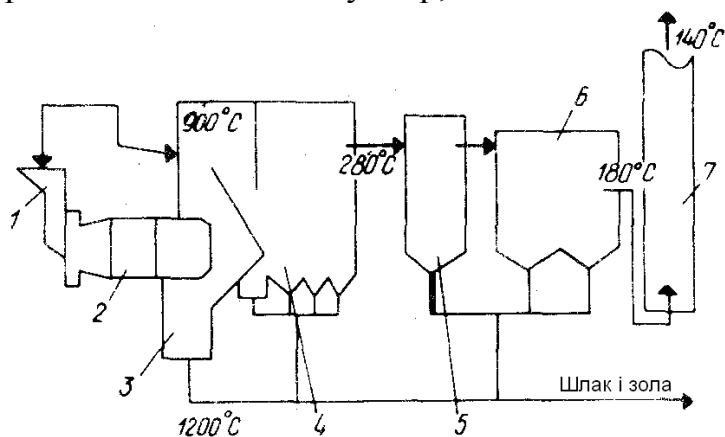


Рис. 8. Принцип роботи лінії спалювання:

1 - бункер для відходів; 2 - барабанна піч; 3 - камера допалювання; 4 - котел-утилізатор; 5 - скруббер; 6 - пиловий фільтр; 7 - труба.

проводиться із значним надлишком повітря, що забезпечує повне згоряння. Спалювання контролюється за допомогою термометрів, газоаналізаторів та телевізійної камери. Матеріал, що залишається при спалюванні розплавлений шлак падає з барабана в охолоджувальний басейн, звідки його перевозять на шлакову ділянку звалища.

У котлі-утилізаторі виробляється пара високого тиску, що забезпечує роботу котла вище точки роси, щоб уникнути корозії. Вироблений пар частково використовують для власних потреб підприємства, а решту теплоенергію подають в теплофікаційну мережу міста.

Рідкі і пастоподібні відходи перекачують з витратних резервуарів в пальники барабана. Температуру барабанної печі регулюють за допомогою пальника для відпрацьованого мастила. Нормальна температура спалювання становить  $900\text{--}1300 \text{ }^\circ\text{C}$ . При спалюванні галогенмістких вуглеводнів температуру підтримують вище  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Спалювання

Відкладену в котлі-утилізатори золу збирають в бункер і перевозять після зволоження на звалище спеціальної конструкції. Димові гази очищають від кислотних сполук в струменевому скрубєрі. Там газ проходить через струмені вапняної пульпи, причому хлорна, фтористоводнева кислоти, триоксид сірки і т.д. реагують з гідроксидом кальцію і утворюють хлористий кальцій, фторид кальцію, сульфат кальцію і т.д., які відстоюються в нижній частині скрубєра.

Цех спалювання експлуатується таким чином, що температура всередині барабана знаходиться в межах 1200-1500 °С в залежності від відходів, що спалюються. При цьому всі органічні сполуки розкладаються, а неорганічні речовини, включаючи сталеві ємності, сплавляються в інертний склоподібний шлак. Пил, що з'являється при спалюванні в основному містить Са і  $\text{CaCO}_3$ .

Шлакові та інші відходи, що утворюються на підприємстві складуються на звалищі спеціальної конструкції (рис. 9), яка ізолювана водонепроникним матеріалом від днища. Відходи складують за видами окремо один від одного. Для контролю за ґрунтовими водами на території передбачені контрольні точки.

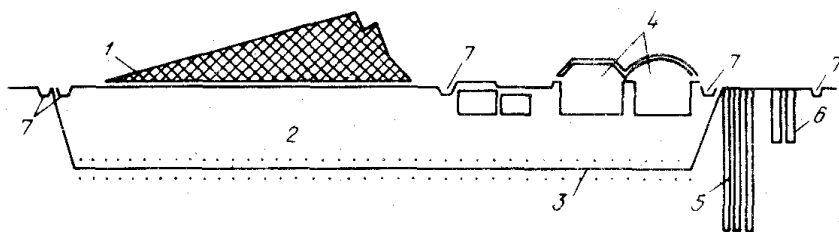


Рис. 9. Звалище для шлаку:

1 - шлак з цеху спалювання; 2 - резервуар; 3 - лінолеум; 4 - склад гальваношламов; 5 - артезіанські колодязі; 6 - контрольні колодязі; 7 - обхідні канали.

Стічні води, що утворюються в технологічних процесах, направляють або в необробленому вигляді, або з необхідною обробкою назад на технологічні потреби. У цих процесах вони здебільшого випаровуються.

При нормальній експлуатації в міську каналізаційну мережу скидають тільки стічні води, що надходять з установки фізико-хімічної очистки. Якщо потрібно скинути інші стічні води виробництва в каналізаційну мережу, то їх очищають до ступеня, визначеної муніципалітетом. Дощові води збирають за допомогою колодязів в зрівняльний басейн, звідки їх відводять в відкриту каналу або направляють на обробку і потім використовують в технологічних цілях.

Процес очищення складається, зокрема, з таких окремих етапів:

- гравітаційної сепарації мастила і піску;
- фільтрації через шар піску;
- фільтрації активним вугіллям;
- хімічної флокуляції емульсій та флотації;
- видалення важких металів шляхом іонообміну.

Великий досвід знешкодження ПВ накопичений в Швеції. В країні існує шість пунктів приймання та часткової попередньої переробки небезпечних відходів.

Схема переробки ПВ відповідає приблизно технології, прийнятої на заводах Данії та Фінляндії. Аналогічні заводи і установки є і в інших країнах.

У країнах СНД, на прикладі м. Москва, розроблений централізований комплекс по знешкодженню і переробці за заводською технологією забруднених нафтою і близьких до них за властивостями відходів і опадів з очисних споруд промислових підприємств, а також твердих відходів.

Загальна технологічна схема роботи комплексу представлена на рис. 10.

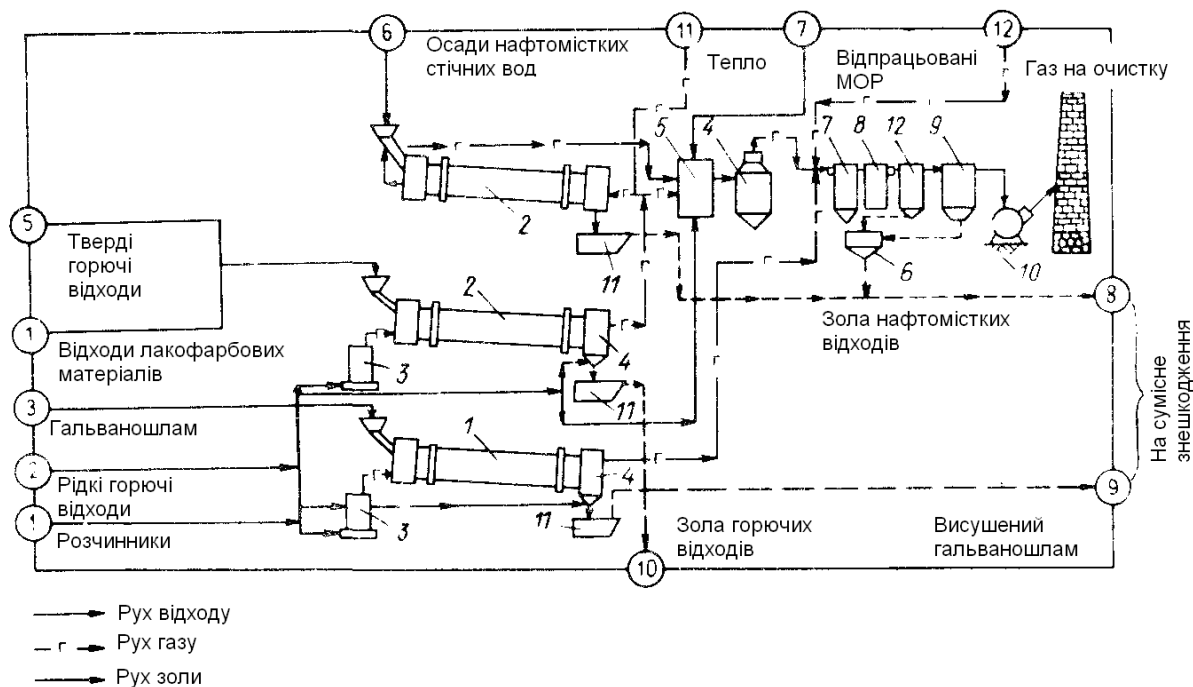


Рис. 10. Технологічна схема термічної обробки ПВ:

1 - барабанна сушарка; 2 - барабанна піч; 3 - топка для рідких відходів; 4 - камера допалювання; 5 - випарна установка; 6 - збірник золи; 7 - циклон; 8 - котел-утилізатор; 9 - мокре очищення газів; 10 - димосос; 11 - вигрузка золи; 12 - електрофільтр.

У його складі передбачені виробничі відділення:

- прийому і підготовки до спалювання рідких горючих відходів;
- прийому і зберігання розчинників і відходів лакофарбових матеріалів;
- прийому і підготовки до термічної обробки осадів нафтовмісних стічних вод;
- термічної обробки відходів (нагріті газу від спалювання рідких і твердих горючих відходів використовують для сушки і прожарювання негорючих відходів);
- очищення газів, що відходять;
- очищення промислових стічних вод комплексу;
- складування знешкоджених матеріалів.

Крім того, передбачаються обслуговуючі відділення:

- ремонтно-механічні;
- службово-побутові;
- допоміжних служб.

Всі відходи, що надходять на комплекс, проходять попередню підготовку перед термічною обробкою: зневоднення, подріблення, сортування. Зневоднені рідкі горючі відходи нафтопродуктів та мастильно-охолоджуючих рідин (МОР), розчинники та відходи лакофарбового виробництва, виробниче сміття спалюють, і

тепло відхідних газів використовують для випалу опадів нафтовмісних стічних вод і сушки гальваношламів. Стічні води, що утворюються в технологічному процесі обробки відходів, а також зливні води після очищення від механічних домішок і нафтопродуктів використовують для мийки автомашин комплексу, гасіння золи, приготування реагентів.

Димові гази піддаються двоступеневій очистці сухій та мокрій і через димову трубу викидаються в атмосферу. Частина отриманого котельного пара подається на опалення і гаряче водопостачання.

## 7. Біохімічна обробка ґрунтів, забруднених нафтовідходами (НВ)

Ці заходи здійснюються без застосування спеціальних апаратів і обладнання безпосередньо в польових умовах. Біоперетворення в системах нафтовідходи - мікроштамм -  $O_2$  - підкормка перебігають значно повільніше, ніж хімічні (від 1 до 2 років) і потребують постійного контролю температури, рН середовища, концентрації кисню, вологості і присутності біологічних отрут. Відомо близько 140 досить ефективних штаммів, і для кожного з них співвідношення ґрунт - субстрат строго індивідуально. Висота буртів не повинна перевищувати 1 м, довжина і ширина визначаються способами та умовами укладання. Зверху бурти прикривають соломою. Температура, що розвивається в буртах забезпечує цілорічне функціонування бактерій.

Забрудненими вважаються ґрунти з вмістом нафтовідходів більше 1 г/кг ґрунту. Готові біопрепарати являють собою порошки з вологістю не більше 10%, що містять не менше  $10^{11}$  мікроорганізмів в 1 г сухого матеріалу, а також азотно-фосфорну підкормку. У аврійних випадках суспензії біопрепаратів розпорошують раною весною безпосередньо над забрудненими ґрунтами. До осені на них, як правило, відновлюється рослинний покрив.

## 8. Утилізація нафтовідходів у виробництві будівельних матеріалів

Піски відстійників і відплавників можуть бути використані для виробництва цегли, оскільки після прокалки їх склад (%) наближається до складу цегляної маси (табл. 1).

Таблиця 1. Склад прожарених пісків після механічного поділу нафтовідходів

Втрати при температурах прожарювання, %				Вміст найважливіших оксидів (решта – $SiO_2$ ), %					
200°C	450°C	800°C	1000°C	$SO_3$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	CaO	MgO	$TiO_2$
10,0	6,0	8,0	13,0	2,0	6,5	3,5	40,0	3,0	2,0

Верхні продукти з нафтоуловлювачів:

- використовують як мастило невідповідальних механізмів і виробів (ланцюги, тихохідні шестерні, піддони, форми для виготовлення бетонних виробів тощо);
- додають у суміші для отримання керамзиту (вспучивач);
- підмішують в асфальтосуміші;
- використовують для змочування сипучих при транспортуванні на відкритих платформах (для зменшення здуву і вивітрювання);

- застосовують як антифрости при перевезенні кускових матеріалів;
- використовують для покриття дна каналів, ариків та інших відкритих водоводів з метою зменшення водопроникності;
- застосовують для затвердіння пилоподібних матеріалів і відходів.

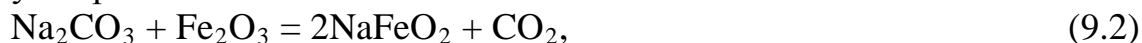
### 9. Відходи виробництва каустичної соди

Існують три основні способи отримання гідроксиду натрію:

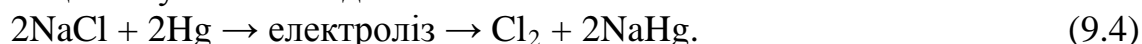
- хімічний (вапняний), заснований на реакції карбонату натрію з вапном:



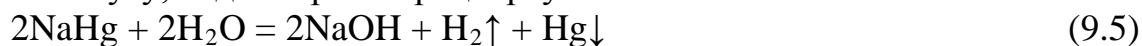
- хімічний (феритний), в основі якого лежать реакції утворення і гідролізу фериту натрію:



- електрохімічний, заснований на електролізі розчинів хлориду натрію і реалізується у двох варіантах - електроліз з діафрагмою і електроліз з ртутним катодом. За першим варіантом електролізу піддають суміш NaOH і NaCl при співвідношенні 1:1, і в катодному просторі отримують луг і водень, а в анодному - кислоту і хлор. На одну тону цільового продукту NaOH утворюються і побічні - 0,89 т газоподібного хлору і 312 м<sup>3</sup> водню. Другий варіант дозволяє отримати луг дуже високої чистоти, виключає утворення водню на катоді, але використання ртуті не робить його перспективним. Проте відносна простота, можливість отримати замість розчину лугу металевий натрій, та й рекуперація ртуті (хоча і недостатньо повна), здешевлює процес і робить цей метод основним у виробництві каустичної соди:



Коли кількість натрію, що розчиняється в ртуті досягає певної межі, на катоді починається виділення водню. Це служить сигналом до зупинки процесу, рідку амальгаму зливають і направляють на розчинення, при якому відбуваються утворення лугу, водню і регенерація ртуті:



Ртутний метод отримання каустичної соди передбачає утворення 4 видів відходів:

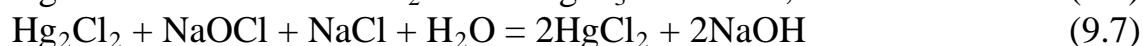
- 1) ртутьвмісні шлами;
- 2) стічні води промивки ємностей і комунікацій;
- 3) вентиляційні викиди електролізних ванн;
- 4) карбонатні шлами очищення вихідних розчинів хлориду.

Технологічні втрати ртуті за п.п. 1-3 становлять у середньому 150 г/т Cl<sub>2</sub>, або, враховуючи світове виробництво хлору (близько 4 млн.т/рік), 600 т/рік. У США ухвалено індекс ПДК<sub>Hg</sub> = 1 мкг/м<sup>3</sup>, що відповідає допустимому викиду підприємства середньої потужності не більше 2 - 3 кг<sub>Hg</sub>/добу.

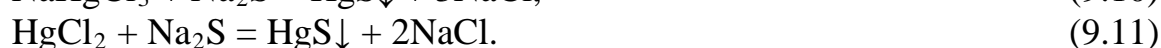
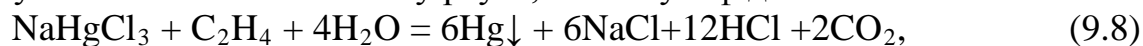
В останні роки порядковий номер ртуті в списку найбільш отруйних речовин істотно зменшився через виявлену здатність зменшувати активність ферментів. При цьому помітно зросла і її дефіцитність. Це активізувало розробку методів її знешкодження та утилізації. Розглянемо ці методи в застосуванні до трьох перерахованих вище видів ртутьвмісних відходів.

## 9.1 Ртутьвмісні відходи

У шламах електролізу можуть міститися метал і малорозчинний хлорид одновалентної ртуті. Виділити їх у такому стані практично дуже важко, тому спочатку їх окиснюють гіпохлоритом в присутності NaCl:



Потім шлами фільтрують, промивають на фільтрі, фільтрат упарюють і осаджують з нього або металеву ртуть, або її сульфід:



Очистка розчинів від ртуті. У стічних водах промивки ртуть може міститися як у вигляді  $\text{HgCl}_2$ , так і у вигляді хлоридних комплексів. Найнадійніший спосіб очищення таких розчинів - сульфідний. Однак попередньо необхідно окиснити невелику кількість металу, яка може в них бути присутня:



(9.12)

Технологічна схема включає наступні стадії:

Стічна вода, що містить до 2%  $\text{HgCl}_2 + \text{Hg}$



Окиснення слідів металу



Осадження сульфиду



Фільтрація через шар торфу



Віджимання та сушіння торфу



Спалювання торфу і відгонка ртуті

Ефективність відгону - 76%, проте золу можна передати в голову процесу, забезпечивши таким чином, замкнуту систему обробки розчинів. Вміст ртуті в очищеному розчині не перевищує 0,1 мкг/л.

Демеркуризація газоподібних викидів. Основна кількість ртуті (до 5 г/т  $\text{Cl}_2$ ) захоплюється потоком водню. Очищення ведуть в 2 стадії. Перша, фізична, передбачає охолодження газу від 125 до 5°C. При цьому концентрація ртуті знижується до 15 мг/м<sup>3</sup>. Друга, фізико-хімічна стадія включає:

1) абсорбцію в тарілчастих і насадочних колонах наступними абсорбентами:

- розчинами NaCl (250 г/л) і  $\text{Cl}_2$  (1 г/л) при pH = 2 - 4,  $C_{\text{Hg}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$ ;
- розчинами NaCl і NaOCl при pH = 6 - 7,  $C_{\text{Hg}} = 0,75 \text{ мг/м}^3$ ;
- розчинами  $\text{KMnO}_4$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при pH = 1 - 2,  $C_{\text{Hg}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ ;
- розчинами луку і діетилдитіокарбамату, pH = 11,  $C_{\text{Hg}} = 4 \text{ мкг/м}^3$ .

2) адсорбцію на активованому вугіллі і цеолітах, просочених мінеральними кислотами, сіркою, йодом, сульфідами, тіоціанатами, тіосемікарбазидами;

залишкова концентрація ртуті в газах не більше 10 мкг/м<sup>3</sup>.

Світові виробники каустичної соди застосовують в основному сульфідні методи осадження ртуті, враховуючи низьку розчинність її сульфіду (добуток розчинення  $HgS = 10^{-52}$ ): канадська фірма Canadian Industry - осадження  $HgS$  на піщаних і доосадження на вугільних фільтрах, японська компанія Коацу - осадження сірководнем в присутності вапна, одна з американських фірм - осадження на цеолітах, заряджених сульфідом і гідросульфідом натрію. Але найперспективніший метод - іонообмінна аніонітна очистка на смолах, заряджених групами  $SH^-$  і  $SO_3H^-$ , на носіях "Імак - ТМП", заряджених тіоловими (-COSH) або тионовими (-CSOH) групами, а також на хелатоутворюючих іонітах з адсорбційною ємністю до 700 мг/г.

Використання перерахованих методів утилізації ртуті з твердих, рідких і газоподібних відходів виробництва лугу шляхом електролізу з ртутним катодом призвело до різкого (у ряді операцій на кілька порядків) зменшення концентрації ртуті у всіх видах продукції, викидів і відходів (табл. 2).

Незважаючи на настільки вражаючі успіхи в зниженні ртутного забруднення, ртутний метод поступово виходить з використання і поступається місцем більш прогресивній мембранній технології, що заснована на застосуванні мембран з перфторованих полімерів.

Таблиця 2. Джерела ртутного забруднення і його зниження з 1970 по 1980 р (г/т  $Cl_2$ )

№ п/п	Джерело	Викиди за роками	
		1970	1980
1	Розсоли	80	1
2	Вентиляційні викиди	15	5
3	Гази, що відходять	20	0,002
4	Хлор	0,1	0,02
5	Каустик	15	0,15
6	Водень	20	0,075
7	Стічні води	100	3
8	Шлами	10	0,01
	<b>РАЗОМ</b>	<b>300</b>	<b>10</b>

## 10. Утилізація оксидних і металевих матеріалів

Це досить велика категорія відходів, що утворюються на підприємствах чотирьох галузей індустрії – металургійної, металообробної, будівельної та енергетичної. Їх об'єднують високі температури плавлення, низька розчинність у воді, порівняно невисока (за малими винятками) вартість, широка поширеність і великі масштаби виробництва.

### 10.1 Шлаки і золи

За своїм походженням вони поділяються на два види – металургійні та паливні. Обсяг паливних шлаків за попередні 30-40 років безперервно зменшувався через переведення більшості великих ТЕС і ТЕЦ з торфу, вугілля і мазуту на газ, однак проблема їх утилізації залишається актуальною через необхідність утилізувати старі запаси, що накопичилися за більш ранній період. До того ж в останні роки через стрімке зростання цін на газ спостерігається тенденція повернення до використання в енергетиці твердих і рідких палив, що

знову призведе до зростання шлакових і золових відвалів.

### 10.1.1 Утилізація шлаків

У цій області перед технологією стоять чотири важливі завдання:

- 1) утилізація так званих «багатих шлаків», що містять цінні компоненти;
- 2) переробка шлаків з отриманням будівельних матеріалів;
- 3) розбирання шлаковідвалів з метою звільнення територій;
- 4) використання шлаків в промисловому і дорожньому будівництві.

Металургійні шлаки підрозділяють на 4 категорії залежно від характеру цільових продуктів, одержуваних у основних виробництвах.

А - шлаки чорної металургії (виробництво чавуну, сталей і сплавів).

Б - шлаки кольорової металургії (виробництво важких і легких металів та їх сплавів).

В - шлаки металургії рідкісних металів.

Г - шлаки металургії благородних металів.

Для сьогоденного стану виробництва орієнтовні вартості відходів А, Б, В, Г становлять, відповідно,  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$  у.о./т, а масштаби виробництва –  $10^6$ ,  $10^5$ ,  $10^4$ ,  $10^3$  т/рік. Відношення О вартості цих матеріалів С, у.о./т до величин їх виробництва П, т/рік у середньому рівні для А - 0,001; Б - 0,1; В - 10; Г – 1000.

Ці числа до певної міри умовні: в рідкіснометальних шлаках можуть міститися компоненти, вартість яких у багато разів вище вартості золота, але їхній вміст набагато менше, ніж золота в шлаках категорії Г. З іншого боку, в шлаках А іноді присутні цінні легуючі компоненти, як це має місце при виплавці спеціальних сталей, і тоді вартість їх зростає. В цілому ж наведені співвідношення дозволяють зробити висновок: чим більше величина  $O=C/P$ , тим рентабельніше утилізація шлаку.

#### Шлаки чорної металургії

В цілому категорія А містить цінні компоненти в кількостях, що виключають можливість їх рентабельного вилучення, і їх або направляють у відвал, або піддають неглибокій, в основному, механічній обробці з метою отримання будівельних матеріалів. Найбільш кваліфіковане використання шлаки А знаходять у виробництві цементу.

Технологічний вихід шлаків А становить 0,6 т/т чавуну, 0,5 т/т сталі і 0,4 т/т спеціальних сплавів, тобто можна порівняти з обсягами виробництва цих матеріалів (десятки млн. т/рік).

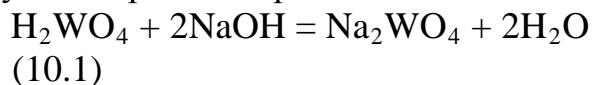
Шлаки А - це рідкі оксидні продукти високотемпературних металургійних реакцій, що покривають виплавлений метал після завершення плавки. При охолодженні вони перетворюються в тверді склоподібні крехкі матеріали, що зберігають аморфну будову, характерну для рідких тіл.

Склад рівноважних кінцевих шлаків строго постійний. Правильно зварений шлак забезпечує отримання металу заданого складу. Шлаки складаються з оксидів кальцію, магнію, алюмінію, титану, кремнію, фосфору і металів-домішок. Переважна частина цих шлаків не служить сировиною для вилучення цінних компонентів.

Виняток становлять шлаки, що виходять при виплавці спеціальних легованих сталей. Масштаби виробництва цього виду шлаків А невеликі, але вони



містять значні кількості титану, ванадію, нікелю, кобальту, молібдену, вольфраму, які необхідно утилізувати. З цією метою їх подрібнюють і розварюють нітратною кислотою. При цьому нікель, кобальт, хром, залізо переходять у розчин у вигляді нітратів, а вольфрам, молібден, титан, цирконій - в осад у вигляді нерозчинних кислот. Осад відфільтровують, промивають і обробляють розчином лугу, соди або аміаку для отримання розчинних солей:



Бідні шлаки категорії А утворюють 3 основні групи:

1. Основні, що містять переважно оксиди кальцію, магнію та алюмінію в кількостях:  $\text{CaO} > 50\%$ ,  $\text{SiO}_2 < 30\%$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3 < 10\%$  (Україна).

2. Амфотерні, що містять оксиди титану, а також основні компоненти в кількостях:  $\text{CaO} - 50\%$ ,  $\text{SiO}_2 - 30\%$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 10\%$  (Центр Росії).

3. Кислотні, до складу яких входить оксид  $\text{P}_2\text{O}_5$  і основні складові:  $\text{CaO} < 50\%$ ,  $\text{SiO}_2 > 30\%$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 10\%$  (Урал, Сибір).

При 1600 – 1700°C всі шлаки утворюють рідкі розплави, в'язкість яких наближається до в'язкості води. Лише для дуже кислих шлаків збільшується інтервал температур, в якому вони залишаються досить в'язкими (аналогія із склом).

Металургійні заводи України та СНД випускають щорічно близько 40 млн. т. доменних і 15 млн. т. сталеплавильних шлаків, а кількість накопичених шлакових відвалів складає більше 300 млн. т. В даний час обсяги утилізації шлаків дещо знизилися. Тим часом оптимальні масштаби переробки їх на будматеріали повинні складати 80-90%, а використання сирих шлаків в дорожньому будівництві та рекультиваційних роботах - 30-40% від річного випуску (з урахуванням розробки старих відвалів).

Основним споживачем доменних шлаків є цементна промисловість, яка щорічно використовує близько 20 млн. т гранульованих шлаків, що входять до складу шихти нарівні з вапняком ( $\text{CaCO}_3$ ), доломітом ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), мергелем ( $\text{CaCO}_3$ ), крейдою ( $\text{CaCO}_3$ ) і глиною ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Використання шлаків дозволяє збільшити випуск цементу в 2 рази, зменшити витрату палива на 40 і собівартість продукції на 25 -30% при помітному підвищенні якості цементу.

Другий напрямок утилізації шлаків А - це отримання пористих матеріалів для виробництва легких бетонів. Застосування піноутворювачів при цьому дещо ускладнено, оскільки необхідно підібрати такі речовини, які виділяють газоподібні компоненти при температурах переходу шлаків в рідкий стан і в той же час не залишаються в матеріалі в якості шкідливого баласту. Такою речовиною є звичайний вапняк.

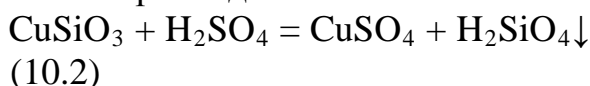
Технологія спінювання порівняно проста. У ємність з подрібненим і нагрітим до 800°C карбонатом обережно вливають розплавлений шлак, який «скипає» за рахунок вуглекислого газу, що виділяється. Другий спосіб отримання піношлаків зводиться до подрібнення шлаку до розмірів зерна 1 - 2 мм і подальшого спікання порошку при температурі 1000°C.

Третій напрям використання шлаків чорної металургії - синтез шлакоіталів, високоміцних кристалічних матеріалів, що одержують з аморфних

шлаків в присутності каталізаторів. Перебіг процесів кристалізації забезпечується додаванням невеликих кількостей інших оксидів. Так, наприклад, до складу одного з видів шлакоіталлів входять, крім звичайних, також і оксиди цинку, хрому і нікелю. В якості каталізаторів використовують сульфід міді, марганцю і заліза. За сучасними уявленнями шлакоіталли – це неорганічні полімери, каркас яких утворений з'єднаними між собою тетраедрами  $SiO_4^{4-}$ .

### **Шлаки кольорової металургії**

Шлаки Б більш дорогі, і при достатньому вмісті цінних компонентів можуть бути використані в якості вторинної сировини для отримання кольорових металів. Проблема тут, однак, полягає в тому, що ці метали містяться в шлаках у вигляді важкорозчинних солей - силікатів, фосфатів, боратів, алюмінатів та інших подібних з'єднань, і для їх вилучення необхідно застосовувати порівняно дорогі реагенти. Наприклад:



При цьому отримуються досить концентровані розчини міді, цинку, нікелю, кобальту, однак кремнієва та інші нерозчинні кислоти можуть ускладнювати процеси фільтрації. Тому для вилучення цінних компонентів з таких порівняно бідних відходів застосовують методи кучного або перколяційного вилуговування, які зводяться до просочування слабких розчинів кислот через шар подрібненого матеріалу.

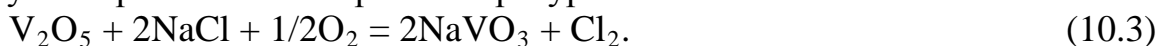
Кількість шлаків Б на 1 т відповідних металів у багато разів більше, ніж для шлаків А. Для останніх воно складає 0,6 т/т (для спецметаллів - 1,2 т/т), а для перших - від 10 до 150 т/т. І при цьому, крім кольорових металів, вони містять значні кількості заліза, яке витягують після розчинення кольорових металів. Залишки після виділення заліза направляють в будівельну індустрію для отримання керамічних матеріалів і бетонів автоклавного твердіння.

### **Шлаки металургії рідкісних металів**

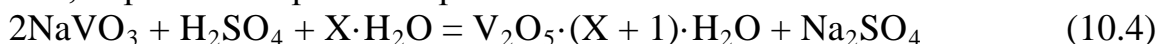
Шлаки В представляють досить різноманітну і цінну сировину і фактично не належать до відходів виробництва. Мало того, шлаки, що містять рідкісні метали, не завжди є продуктами безпосередньо металургії рідкісних металів. В якості прикладів розглянемо найбільш поширені ванадієві і титанові шлаки.

Переробка ванадієвих шлаків. При доменній плавці ванадіймістких залізних руд, наприклад, уральських титаномагнетитів (1% V) ванадій практично повністю переходить в чавун, а при отриманні з нього сталі - в шлак, що містить до 15%  $V_2O_5$ . Останній і є вихідною сировиною для отримання чистого п'ятиокису ванадію.

Технологія включає пірометалургійну і дрометалургійну стадії. Спочатку шлак подрібнюють, змішують з хлоридом натрію і піддають окиснювальному випалу в обертових печах при температурі 850°C:



Потім розчиняють метаванадат натрію у воді і осаджують гідратований п'ятиокис, обробляючи розчин сірчаної кислотою:



Отриманий п'ятиокис сушать, переплавляють і використовують при

виплавці форрованадія - основного легуючого компоненту для виробництва холоднокатаного сталевих листа, з якого штамнують кузови автомобілів.

Утилізація титанових шлаків. При пірометалургійній переробці титаномагнетитів титан, на відміну від ванадію, концентрується в доменних шлаках (плавка за методом академіка М.А. Павлова в присутності надлишку доломіту, вміст титану до 37-42%). Шлаки подрібнюють у присутності вуглецю, брикетують і піддають хлоруванню: в шахтних електропічах при 800°C:



Тетрахлорид титану відновлюють розплавленим магнієм в атмосфері аргону:



Побічний продукт цієї реакції, хлорид магнію, використовують для електролітичного отримання металу, внаслідок чого титанові заводи функціонують як титано-магнієві комбінати (м. Запоріжжя).

### **Шлаки і шлами благородних металів**

Шлаки категорії Г - це переважно бідні продукти, оскільки благородні метали в шлак майже не переходять. Навпаки, при виплавці кольорових металів вони концентруються в металах-коллекторах - міді, нікелі і кобальті. При електролітичному рафінуванні останніх, зокрема, міді вони утворюють шлами, що містять значні кількості золота і платинових металів і піддаються спеціальній обробці на афінажних заводах.

### **10.1.2 Золи і шлаки ТЕЦ, ТЕС і великих котелень**

Золошлакові відходи (ЗШВ) утворюються при спалюванні різних палив в наступних кількостях (%):

- природний газ	0,001 - 0,01;
- мазут	0,15 - 0,20;
- дрова	0,5 - 1,5;
- антрацит	2,0 - 30,0;
- буре вугілля	10,0 - 30,0;
- кам'яне вугілля	3,0 - 40,0;
- торф	2,0 - 30,0;
- сланець	50,0 - 80,0.

Тверді палива спалюють у пилоподібному стані при 1600°C. При спалюванні в топках з твердим золовидаленням доля (%) в ЗШВ золи-виносу становить 85 і золошлакових конгломератів (шлаку) - 15, для топок з рідким золовидаленням це співвідношення становить 80 - 60 і 20 - 40, а для циклонних 10 - 15 і 90 - 85.

ЗШВ - достатньо цінні матеріали, особливо зола-винос - пориста, легка, тонкодисперсна, однорідна за розмірами частинок, а також (для даного виду палива) за хімічним і раціональним складом, активна, що містить до 5 - 6% вуглецю. На жаль, вона чутлива до вологи, має кислу реакцію і її важко вловити. Шлаки в більшості є кислими або нейтральними продуктами, в яких велика частка  $\text{SiO}_2$  і  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Виключення складають шлаки бурого вугілля і сланців, в яких переважають основні компоненти  $\text{CaO}$  і  $\text{MgO}$ .

Відвалювання зол і шлаків вимагає величезних витрат, викликає відчуження

сотень і тисяч гектарів найцінніших приміських земель, викликає забруднення всіх трьох середовищ біосфери. На середній ТЕЦ потужністю 1 млн. квт утворюється в день до 1000 т. шлаку, для складування якого в грядку висотою 8 м потрібно 1 га землі. Особливу небезпеку становлять радіоактивні елементи, які концентруються в золі (середній фон досягає 20 мікрорентген на годину).

Разом з тим використання ЗШВ значно розширює сировинну базу будівельної індустрії і дозволяє без значних витрат отримувати наступні матеріали: цемент; заповнювачі для бетонів; шлакоблоки; гідравлічні добавки; газобетон; керамзит; заповнювачі для вапняково- і гіпсов'язучих матеріалів; золосіталли і шлакосіталли.

Рівень утилізації ЗШВ відображає в певній мірі не тільки розвиненість економіки, але й наявність в даній країні природних мінеральних багатств. Наприклад, у Німеччині ступінь утилізації ЗШВ (%) становить 76, у Франції - 62, у США - 20, у країнах СНД - 5.

### **10.1.3 Горілі землі ливарних виробництв**

Горілі землі - це відпрацьований матеріал використаних ливарних форм, які виготовляють шляхом пресування або штампування так званих формувальних сумішей. Останні готують з піску, глини, пилоподібних фракцій вугілля, коксу з додаванням добавок, що вигорають, наприклад, тирси, целюлози, пластмас. У суміш цих матеріалів додають в певних пропорціях воду, луг, рідке скло, азбест, шлак, золу-виносу і невеликі кількості тонкодисперсних феросплавів. Суміш ретельно перемішують, і з отриманої пластичної маси штампують ємності складних конфігурацій, користуючись роз'ємними дерев'яними або пластмасовими моделями. Ці ємності називаються ливарними формами. Більшість форм використовують одноразово. Після відливання деталей проконтактована з розпеченим металом форма перетворюється на непридатну для подальшого використання в ливарному виробництві спечену масу. У ній містяться цінні компоненти, які підлягають обов'язковій рекуперації - пісок, глина, азбест, феросплави.

Технологія рекуперації проста: землю дроблять, подрібнюють, взмучують у воді і розділяють піскову і глинисту складові. Потім з глинистої фракції виділяють азбест і незгоріле вугілля, а з піскової - шлак і феросплави. Отримані компоненти направляють на приготування нових порцій формувальної суміші.

Що стосується утилізації горілої землі, то її можна використовувати у виробництві будматеріалів як заміник кварцового піску. Приблизний склад горілої землі дає деяке уявлення про інші можливості її використання (%):

пісок	94
рідке скло	5,5
азбест	4,0
вугілля	3,0
ферохром	2,5
їдкий натр	0,5

### **10.2 Утилізація відходів виробництва силікатних матеріалів**

Силікатна промисловість включає ряд наступних самостійних галузей виробництва:

- кераміка і вогнетриви;
- в'язучі речовини;
- скло і склоподібні матеріали.

Фізико-хімічною основою цих виробництв є притаманна кремнію нездатність, на відміну від вуглецю, формувати гомоцепні структури типу -Si-Si-Si- і прагнення його до утворення зв'язків -Si-O-Si-O-Si-, на основі яких будуються молекули, які складаються з структурних елементів  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ . Ці елементи надають більшості силікатів високу твердість, тугоплавкість, вогнетривкість, жаростійкість і хімічну стійкість в кислотному середовищі. Результатом вивчення фізико-хімії силікатів з'явилася розробка теоретичних основ отримання перерахованих штучних матеріалів та виробів з них.

Сировина для отримання силікатних матеріалів широко поширена в природі у вигляді глин, мергелів, вапняків, крейди, мармуру, доломіту, туфу, трепелу, кварциту, шпатів, нефелина та ін. Крім природної сировини для отримання силікатів широко використовують продукти і відходи хімічних і металургійних виробництв - соду, буру, солі натрію, солі і оксиди інших металів, золи, шлаки, шлами та інші відходи.

До технології силікатів відносять також отримання багатьох інших силікатоподібних матеріалів (виходячи не зі складу, а з аналогії виробництва і структури продуктів, що отримуються) - вогнетривів на основі  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Sr}_2\text{O}_3$  та ін., повітряних в'язучих типу гіпсу, вапна, магнезійних компонентів і навіть метало-графітових і метало-оксидних композицій.

Технологічні схеми виробництва силікатних і силікатоподібних композицій включають наступні однотипні стадії: механічну (дроблення, подрібнення, змішування), фізико-хімічну (високотемпературне спікання) і повторну механічну, що забезпечує отримання дисперсних сумішей для формування виробів шляхом плавки (скло), спікання (кераміка), гідратаційного (бетон) або термовологісного (силікатна цегла) затвердіння.

Відходи керамічних і бетонних виробів зазвичай не знаходять кваліфіковане застосування, на відміну від скла, яке може бути використане багаторазово шляхом повторної переплавки.

### **10.2.1 Утилізація скловідходів**

Ресурси склоотходів в світі становлять десятки мільйонів тонн. Вони складаються з будівельного склобою, відходів скловаріння і виробництва скловолокна та відходів тарного скла. З впровадженням пластикової пляшкової тари частка скляних ємностей знизилася, але залишається досить високою (ресурси в країнах СНД складають понад 900 тис. т.). Основний метод утилізації скловідходів - повторне скловаріння. У країнах СНД цим методом переробляють 100% відходів. Основна операція полягає у відділенні сторонніх матеріалів: металів, паперу, дерева, пластмас та ін.

Технологічна схема включає наступні операції: виділення сторонніх фракцій, дроблення, подрібнення, змішування з содою, вапном і барвниками, подача у варильну піч і формування.

Утилізація скловідходів дозволяє економити до 50% сировини і до 40% електроенергії.

Менш кваліфіковані види утилізації відходів виробництва скляної продукції - використання склобою в якості підсипки, дренажу, заповнювача і для виготовлення будівельних виробів. Наприклад, відходи скловолокна помітно покращують якість силікатної цегли, збільшуючи її міцність.

### **10.3. Утилізація металів і сплавів**

Лом і відходи чорних, кольорових і рідкісних металів утворюються при обробці деталей, в результаті порушення цілісності, технічного або морального зносу та інших причин виходу з ладу виробів і конструкцій. Частина металів розсіюється з технологічних причин (покриття, деталі конструкцій бойового призначення і космічних апаратів, аналітичні реактиви та ін.) і в результаті механічних втрат. Це найбільш цінний з усіх видів відходів, оскільки є кінцевим продуктом складних технологій і містить максимальну частку здійсненої праці. Він отримав спеціальну назву «вторинні метали». Переробкою вторинних металів займаються чотири потужні організації - Вторчермет, Вторкольормет, Вторрідмет і Втордрагмет. Для багатьох металів утилізація здійснюється у формі використання в материнських металургійних процесах.

Особливість утилізації металів полягає в тому, що вона має на меті одержати їх у вихідній формі і використовувати за колишнім призначенням. Це в даному конкретному випадку зближує утилізацію з рекуперацією, але, оскільки вторинна металургія це ні те, ні інше, її часто називають рециклізацією. Остання виключно вигідна, оскільки поєднує в собі економічні переваги і утилізації, і рекуперації.

Наприклад, відходи чорних металів - це не просто вторсировина. Це в повній мірі цінний і абсолютно необхідний компонент, без якого неможливо виплавити новий метал. Використання чорного металобрухту різко знижує витрату інших шихтових матеріалів, зменшує енерго- і працевитрати і збільшує з'їм металу з 1 м<sup>2</sup> поду печі. При цьому собівартість металу знижується за рахунок виключення витрат на здійснення попередніх операцій підготовки сировини і виплавки металу. В цілому капіталоємність отримання металу з вторсировини на порядок нижче, ніж з руд.

Економія енергії при виробництві металів набуває особливого значення в умовах енергетичної кризи, оскільки більшість металів отримують з використанням енергоємних пірометалургійних або електрохімічних процесів. За рахунок використання металобрухту вона становить (%): при отриманні: алюмінію - 94, міді - 83, цинку - 78, сталі - 74, свинцю - 64.

В даний час практично 100% сталі, цинку, свинцю, магнію, міді, срібла, золота і від 30 до 60% інших металів переробляють підприємства Втормету.

Враховуючи недосконалість технології в галузях, що використовують і переробляють метали, сировинна база Втормету буде стійкою ще довгі роки.

Як зазначено вище, повторне використання металів і сплавів можна визначити як рециркуляцію, оскільки практично один і той же метал може бути використаний у даній сфері виробництва не два-три, а двадцять-тридцять, а то й 100 разів. Це при тому, що на металургійних підприємствах розвинена і пряма рекуперація, тобто повернення металів на переробку в межах цеху, дільниці, заводу. Таким чином, рециклізація і рециркуляція реалізуються у вигляді

кругообігу металів в циклі виробництво-споживання-виробництво.

Існують три форми споживання металів: чисті метали, металеві сплави і хімічні з'єднання. Перші використовують для покриттів, для отримання еталонів металів і сплавів, другі представляють основну форму виробничого та побутового споживання, треті широко використовуються в різних галузях науки, техніки і виробництва.

Виробництво сплавів переслідує мету надання матеріалам таких унікальних якостей, як тугоплавкість, термостійкість, жароміцність, твердість, корозійна стійкість і ін. Це сильно ускладнює завдання утилізації подібних сплавів, оскільки їх, відповідно, важко розплавити, розчинити, окислити, піддати механічній обробці. Проблема ще й у тому, що багато металевих матеріали піддаються не тільки техногенному розсіюванню, але і тому, що – називається конструкційною капсюляцією - зосередженню цінних металів всередині конструкцій, що важко руйнуються (ракети, снаряди, капсули, зонди, прилади тощо), що надходять на утилізацію.

Утилізація чистих металів. Чисті метали виробляють і використовують у порівняно невеликих кількостях, і вони поки що в малій долі губляться за рахунок розсіювання або механічних втрат. До них відносяться платина, золото, вольфрам, молибден, реній і деякі інші. Класичний приклад - золото, виробництво якого за весь історичний період склало 100 тис. тонн, і майже стільки ж перебуває на обліку в даний час (в останні роки у зв'язку з розвитком електронної, космічної та військової техніки спостерігається незначне зменшення).

### **10.3.1 Сплави кольорових металів**

В вітчизняній літературі під кольоровими металами маються на увазі в основному мідь, цинк, кадмій, нікель, кобальт і ртуть. Окремо від кольорових значаться легкі - натрій, калій, магній, кальцій і алюміній. Особливу групу складають благородні - золото, срібло і платиноїди. В число рідкісних включають багато d-металів - титан, цирконій, тантал, ніобій, ванадій, багато з яких в даний час перестали виправдовувати свою назву (титан, ванадій). Групу розсіяних елементів утворюють галій, індій, талій і деякі f-метали, до радіоактивних належать природні радій, уран, торій і порівняно недавно отримані техногенні d- і f-елементи. До речі, число техногенних елементів стрімко зростає, і вони теж претендують на виділення в особливу групу.

Зарубіжні автори ділять метали на дві великі групи залізни і незалізни (ferrous metals та nonferrous metals). Такого роду поділ затушовує елементи класифікації та систематики, але воно відображає крайню ступінь змішаності металів, які використовуються в більшості випадків у вигляді сплавів.

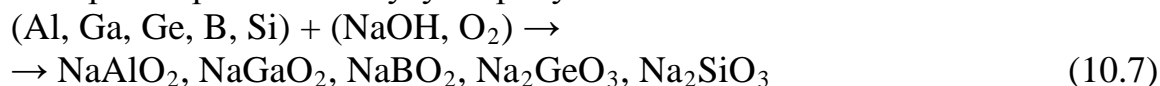
При викладі наступного матеріалу ми користуємося і тією, і іншою системою, але в основному виходимо з реальних складів різних видів металевих відходів.

#### Алюміній і його сплави

На основі легких металів (крім перерахованих до них відносять також літій, берилій, скандій і галій) у поєднанні з кремнієм і бором отримують тверді конструкційні, підшипникові сплави і рідкі сплави - розчинники та теплоносії.

Першим етапом їх утилізації є поділ кислотних і амфотерних компонентів

шляхом обробки розплавом лугу в присутності кисню:



Більш легкі і легкоплавкі лужні і лужноземельні метали скачують з поверхні ванни і виділяють з розплаву електролізом, а солі розчиняють в гарячій воді, нейтралізують розчин вуглекислим газом, відфільтровують осадженні в результаті гідролізу кислоти, після чого фільтрат направляють на упарювання і регенерацію лугу, а осад сушать і переробляють методами металлотермії.

Вміщуючим компонентом більшості легких сплавів є алюміній. Інші елементи містяться в наступних кількостях (табл. 3).

Таблиця 3. Склад алюмінієвих сплавів (%), залишок - алюміній)

Компонент Сплав	Мідь	Залізо	Магній	Марганець	Кремній
Дюралюміній	2,5 - 5,0	-	0,5 - 2,0	0,5 - 1,2	0,2 - 1,0
Магналій	-	-	10 - 30	-	-
Сілумін	-	-	-	-	12 - 14
Склерон	3,0	до 0,5	-	0,6	до 0,5

Зростання виробництва алюмінію призводить до двох-триразового збільшення вторинних ресурсів через зростання відходів обробки та широкого використання сплавів в побуті і для виготовлення тари. В даний час вторинний алюміній становить 20% від обсягу виробництва. Основні вторинні ресурси - це тара, дроти, стружка і вийшли з ладу деталі, побічні червоні шлами (основа - залізисті шпінелі алюмінію), гірські глинисті відходи, золи, шлаки і деякі породовідвали.

Основний процес утилізації алюмінієвих відходів - плавка в горизонтальній ванній печі з подачею брухту безпосередньо в розплав і зануренням його за допомогою притискних валків щоб уникнути переокиснення. Однак проблема не тільки в окисненні, а в тому, що лом має складний, різноманітний і непостійний склад. Крім звичайних компонентів алюмінієвих сплавів лом може містити значні кількості нікелю, хрому, кальцію і титану. Іноді він містить і неметали - фосфор, сірку, миш'як і сурму. Все це викликає необхідність його попереднього розбирання (ручного, механічного, магнітного і електродинамічного). Ці операції не тільки дозволяють підвищити вміст алюмінію в брухті з 70 до 99%, але і видалити домішки, що заважають його подальшій обробці і знижують якість вторинного металу.

Слід зазначити, що чисто алюмінієві матеріали використовуються тільки в електротехніці, а решта алюмінієвого брухту - це сплави або механічні поєднання з більшим або меншим вмістом заліза. Тому основна проблема утилізації алюмінію - це відділення чорних сплавів. Значна частина їх відокремлюється під час попередньої плавки.

Рафінування алюмінію роблять у два етапи. На першому метал розплавляють на поверхні штучного важкого розплаву (наприклад, сульфіду нікелю, щільність якого 5,5 кг/дм<sup>3</sup>, температура плавлення 800°C), потім зливають розплав в конвертор, продуваючи кисень для видалення неметалів і додаючи



розкисники-шлакоутворювачі (Mg, B, Si) для відновлення залишкового  $Al_2O_3$ .

### Мідь і її сплави

Важливішим серед важких металів вважається мідь. Як і алюміній, вона є вельми енергоємним металом. Більша частина її використовується в електротехніці, де потрібно матеріал високого ступеня чистоти, який може бути отриманий тільки електролітичним шляхом. Відповідно, і відходи її відрізняються високою чистотою. Тому утилізація металевої міді дуже вигідна економічно.

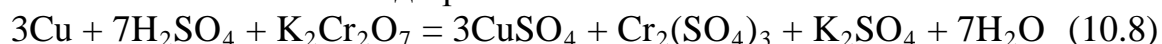
Процес складається з трьох стадій - розбирання, чорнова плавка і рафінування. Перша стадія має на меті відділення попутних металів і неметалічних, у тому числі полімерних, компонентів, друга дозволяє одержати метал 99%-ої чистоти, третя - очистити до 99,99%.

Основне джерело вторинної міді - відходи обробки сплавів (табл. 4).

Таблиця 4. Склад найважливіших сплавів міді

Компоненти	Cu	Sn	Be	Al	Si	Zn	Ni	Mn
Сплави								
Бронзи:								
Колокольна	80	20						
Фосфориста	91	9	-	-	-	-	-	-
Берилієва	94	-	6	-	-	-	-	-
Алюмінієва	80	20	-	-	-	-	-	-
Кремниста	98	-	-	-	2	-	-	-
Латуні								
Червона	80	-	-	-	-	20	-	-
Жовта	50	-	-	-	-	50	-	-
Біла	20	-	-	-	-	80	-	-
Інші								
Константан	60						40	
Нікелін	56	-	-	-	-	13	31	-
Манганін	84	-	-	-	-	-	4	
Нейзильбер	50	-	-	-	-	40	10	-
Монельметалл	30	-	-	-	-	-	70	-

Більшість вторинних сплавів обробляють гідрометалургійним методом, переводячи в розчин всі основні компоненти сплаву і потім виділяючи їх шляхом електролізу. Для розчинення найчастіше використовують сірчану кислоту, а в якості окисників - кисень або діхромат калію:



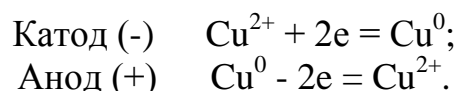
Недоліком цього методу є відсутність селективності при розчиненні компонентів сплаву, перевагою - висока швидкість реакцій і можливість використовувати електроліз як на стадіях виділення металів, так і для регенерації хрому (6+).

Більш прийнятним є селективний метод, при якому розчинення спочатку ведуть без окисника, переводячи в розчин менш благородні компоненти сплаву (цинк, олово, нікель, марганець, берилій, алюміній), а потім відфільтрований осад, що містить мідь, обробляють свіжим розчином кислоти в присутності діхромата. Далі мідь виділяють з розчину електролізом на мідному катоді, після чого

замінюють катод, і розчин знову піддають електролізу з метою регенерації хрому.

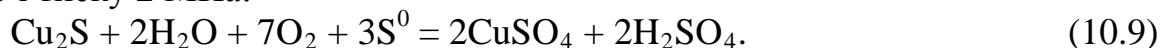
Іншими джерелами вторинної міді є електродроти, автомобільний брухт, відпрацьовані каталізатори, травильні розчини, анодні шлами і плавильні шлаки. Кожен з цих видів відходів переробляють окремо, за особливою технологією. Змішування різних видів мідної сировини різко ускладнює переробку. Навпаки, для кожного існує свій метод попереднього, найчастіше механічного, розділу.

Мідь з брухту дротів. Текстильну ізоляцію випалюють при 400°C в закритих печах, щоб запобігти окисненню, полімерну видаляють шляхом глибокого охолодження (криогенна обробка). Оголені і неізольовані дроти пресують і направляють в переплавку. Отримані злитки піддають анодному рафінуванню:



Мідь з гідроксидних опадів. Гідроксид міді розчиняють в сірчаній кислоті. Отриманий розчин сульфату упарюють і направляють на електроліз.

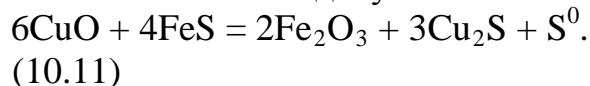
Мідь з пилу шахтної плавки. Тонкодисперсний матеріал, що містить сірку і сульфідну мідь, піддають водному вилуговуванню в автоклавах при температурі 150°C і тиску 2 МПа:



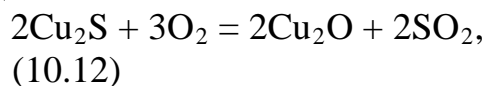
Мідь з розчину осаджують шляхом цементації на залізній стружці:



Мідь з шлаків шахтних печей. У розплавлений шлак додають розрахункову кількість залізного колчедану:

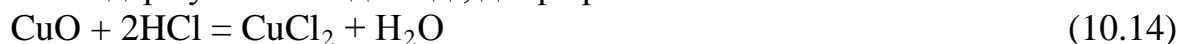


Отриманий штейн (розплав сульфїду міді) відокремлюють від легшого шлаку і зливають у кисневий конвертор, в якому протікають дві взаємопов'язані реакції:



Після того як розплав перестає «кипіти» за рахунок виділення сірчастого ангїдриду, чорнову мідь розливають у виливниці і направляють на електролітичне рафінування.

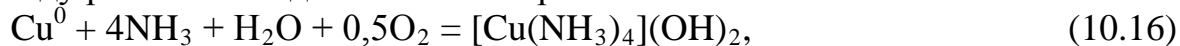
Мідь з відпрацьованих каталізаторів. Основна операція - повільний (1% на годину) випал при 400°C з метою видалення органіки і озолення каталізатору. У результаті одержують оксиди міді, добре розчинні в кислотах:



В отриманий розчин хлориду двухвалентної міді додають мідний порошок і отримують вихідну форму каталізатору:



Мідь з травильних розчинів. Після нанесення електронних схем мідні плати обробляють травильними розчинами для видалення залишків мідного покриття. До складу розчинів входять амоніак і тривалентне залізо:





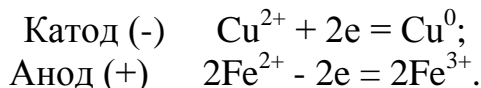
Найпримітивніший і розповсюджений спосіб утилізації розчиненої міді - осадження гідроксиду:



Недолік цього методу - безворотні втрати травників.

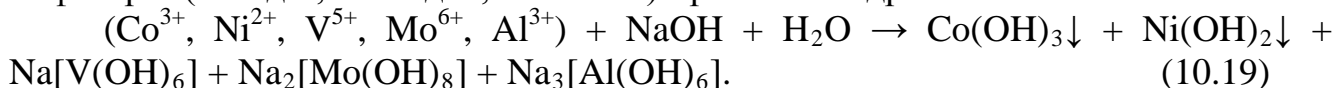
Більш сучасний спосіб - електрохімічне виділення міді з одночасною регенерацією реагентів-травників.

Наприклад:



### 10.3.2. Сплави кольорових і рідкісних металів

Сплави кобальту, нікелю, ванадію, молібдену та алюмінію. Їх спочатку розчиняють в сірчаній кислоті, а потім у розчин додають гарячу лугу. При цьому основні метали (кобальт і нікель) утворюють гідроксиди, що випадають в осад, а амфотерні (ванадій, молібден, алюміній) - розчинні гідроксокомплекси:

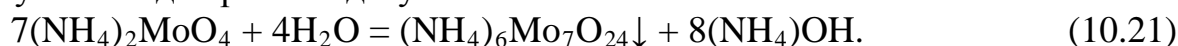


Далі слідує фільтрація, після чого промитий осад розчиняють в сірчаній кислоті, і розчин сульфатів направляють на електроліз, а розчин обережно нейтралізують кислотою, виділяючи і фільтруючи послідовно осад  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  і  $\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

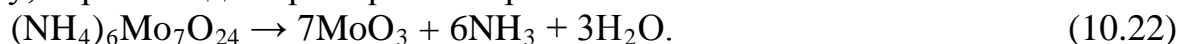
Молібден з відходів виробництва. Дроти та інші вироби окиснюють в струмі кисню при  $900^\circ\text{C}$ , отриманий забруднений  $\text{MoO}_3$  розчиняють в амоніаку:



відфільтровують розчин молібдату і поступовим випарюванням амоніаку одержують осад парамолібдату амонію:



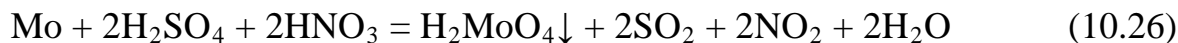
Для отримання чистої триокиси молібдену, придатної для відновлення металу, парамолібдат прожарюють при  $500^\circ\text{C}$ :



Розглянутий метод досить складний і придатний для отримання дуже чистого продукту. Якщо вимоги до чистоти триокиси невисокі, то отриманий в результаті окиснення оксид розчиняють у лугу, молібдат розкладають нітратною кислотою, відфільтровують  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ , що утворився і піддають його термічному розкладанню. Відповідні рівняння мають вигляд:



Молібден з ламп накаливання. З молібдену виготовляють утримувачі вольфрамових ниток. Дроблені відходи обробляють сумішшю сірчаної та нітратною кислот:



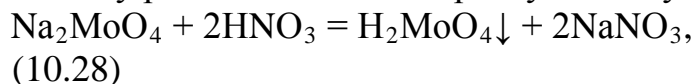
Осад молібденової кислоти разом зі шламом відфільтровують і обробляють амоніаком, переводячи молібден в розчин у вигляді простого молібдату амонію. Потім молібденмісткий розчин відфільтровують від шламу, промивають шлам

водою і з отриманого розчину осаджують парамолібдат, який потім піддають термічному розкладанню за реакцією (10.21).

Молібден з каталізаторів. Залежно від призначення каталізатори можуть містити або оксид, або сульфід молібдену (IV). Оксидні відпрацьовані каталізатори сушать, обережно видаляють основну частину органіки і залишок спікають з содою:



Потім у розчин додають нітратну кислоту:



і осад, що виділився обробляють, як зазначено вище (реакція (10.25)).

Сульфідні каталізатори після сушіння і видалення органіки обережно обпалюють в струмі кисню:



Утилізація нікелю і кобальту. Основна частка цих металів витрачається на легування сталей та отримання хімічних і електрохімічних покриттів.

Нікель і кобальт з лому нержавіючих сталей. Лом повертають на металургійні заводи.

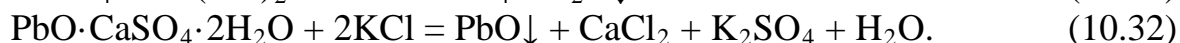
Утилізація галію, германію та гадолінію. Галій, германій, гадоліній з елементів запам'ятовуючих пристроїв. З цих трьох металів два (галій і германій) амфотерні, і їх оксиди реагують з розплавленими лугами, утворюючи галлати і германати. Останні розчиняються у воді з утворенням розчинних гідроксокомплексів, а оксид гадолінію залишається в осаді. Його фільтрують, промивають водою, розчиняють в сірчаній кислоті і переосаджують гідроксид, з якого прожарюванням отримують цільовий продукт - оксид гадолінію  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ . Оксиди галію і германію отримують, обережно нейтралізуючи гексагідроксокомплекси. При цьому спочатку випадає гідроксид галію, з якого отримують оксид  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , а фільтрат упарюють і до розчину додають кислоту до випадання гідратованого оксиду  $\text{GaO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Утилізація свинцю. Глобальна проблема цього дорогого і дуже токсичного металу полягає в тому, що величезні кількості його витрачаються і, на жаль, безповоротно губляться при роботі бензинових двигунів. Інші види свинцевих викидів досить легко можуть бути утилізовані та знешкоджені.

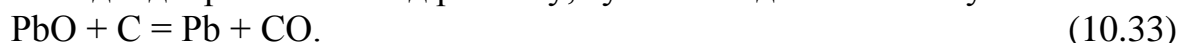
Свинець з брухту акумуляторів. У відпрацьованих свій термін акумуляторах свинець міститься в трьох формах -  $\text{Pb}$ ,  $\text{PbO}_2$  і  $\text{PbSO}_4$ . Всі вони досить ефективно можуть бути перероблені шляхом плавки з відновником:



Сульфат, однак, може бути перероблений і більш економічним гідрохімічним шляхом:

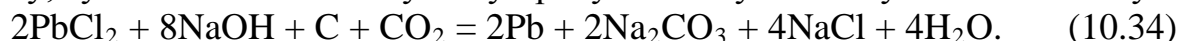


Оксид відокремлюють від розчину, сушать і відновлюють вугіллям:



Свинець з припою. До складу припою входять розчинні хлориди амонію, цинку і нерозчинний - свинцю. Його витравлюють водою, відокремлюють від

розчину, сушать і спікають з лугом у присутності вугілля і вуглекислого газу:



Свинець з стрельбіщних ґрунтів. Гільзи і кулі досить легко розділити механічно. Далі слідує механічне розділення ґрунту і металів в гідромеханічних роздільниках типу лотків або осадових машин. Отримані концентрати плавлять або піддають гідрохімічній обробці нітратною і соляною кислотами:



Отримані солі направляють на електроліз для послідовного виділення цинку, свинцю і міді.

Утилізація ртуті. При амальгамації, при електролізі натрію і в ряді інших виробництв ртуть піддається рекуперації (див. тема 9) з паралельною демеркурацією викидів. Використання ртуті для виробництва промислових і побутових приладів призводить до розпилення ртуті та до необхідності її утилізації.

Ртуть з скрапу. Під ртутьвмісним скрапом слід розуміти лом промислових і побутових приладів, що містить металеву ртуть (термометри, барометри, батарейки, ртутні випрямлячі, перемикачі, люмінесцентні лампи і т.п.). Такого роду матеріали подрібнюють під водою і відмивають ртуть, збираючи її в спеціальних поглибленнях промивних ємностей. Невелику кількість ртуті, що міститься в розчині, осаджують у вигляді сульфїду.

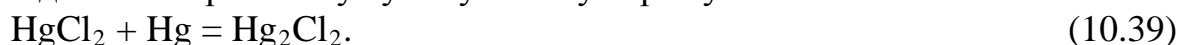
Ртуть з каталізаторів. При отриманні багатьох органічних сполук, наприклад, оцтової кислоти використовують каталізатори на основі каломелі  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , яка легко відновлюється при звичайних умовах м'якими відновниками:



У разі необхідності її можна і окислити:



відмивають розчинну сулему і знову отримують каломель:

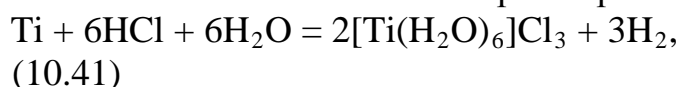


Утилізація титану. Титан з нержавіючих сталей і лому. Сталі звичайно направляють в переплавку, а лом - або на отримання ферротитану, або в металургійний переділ на розкиснення металу:

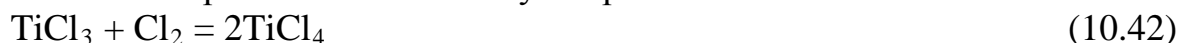


Останнє супроводжується утворенням титанових шлаків.

При необхідності титан можна утилізувати у формі цінних хімічних з'єднань. Для цього використовують гідрохімічний метод переробки лому - розчинення його в соляній кислоті при нагріванні:



окиснення тривалентного титану хлором:



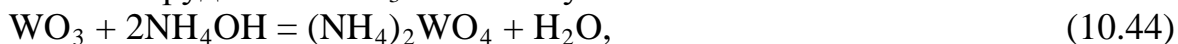
і відновлення тетрахлориду натрієм або магнієм:



Утилізація вольфраму. Це найважливіший компонент більшості тугоплавких і жаростійких сплавів. У чистому вигляді використовується для

виготовлення ниток ламп накаливу.

Вольфрам з дроту і скрапу. Метал окиснюють в струмі кисню при 800°C, розчиняють забруднений WO<sub>3</sub> в амоніаку:



відокремлюють розчин від нерозчинних домішок, упарюють, нейтралізують нітратною кислотою:



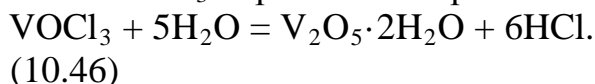
відфільтровують осад вольфрамової кислоти, піддають його термічному розкладанню і отримують чистий вольфрамовий ангідрид, придатний для відновлення металу воднем.

Вольфрам з карбідів. Їх піддають окиснювальному випалу при 1700°C і отриманий ангідрид переробляють, як описано вище.

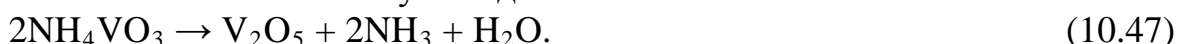
Утилізація ванадію. Всі вторинні ванадіймісні матеріали можна використовувати для легування сталі (необхідно, однак, пам'ятати, що частина ванадію при окисниковій плавці неминує потрапляє в шлак.

Виняток становлять відходи каталізаторів, що містять небажані при плавці компоненти.

Ванадій з каталізаторів. Відпрацьовані каталізатори сушать і хлорують чотирьоххлористим вуглецем при 200°C (можна сухим хлором при 700°C). Отриманий VOCl<sub>3</sub> переганяють при 130°C і піддають гідролізу:



Потім гідратовану п'ятиокис розчиняють в амоніаку, відокремлюють нерозчинені домішки, а фільтрат, що містить метаванадат амонію, упарюють до випадання солі, після чого сіль кристалізують, сушать і термічно розкладають з отриманням чистого п'ятиокису ванадію:



Утилізація цинку. Основна проблема утилізації цинку - техногенне розсіювання у зв'язку з широкою поширеністю цинкування чорних металів і низькими температурами сублімації металу і його з'єднань.

Цинк з цинкового лому. Лом - це найчастіше відходи цинкового виробництва, які переплавляють в закритих печах при температурі трохи вище точки плавлення (419,5°C).

Цинк з окисних знімів з розплавленою латуні. Оксид цинку знімають з поверхні ванни і зпикають з надлишком соди при температурах 500-600°C (при 700°C він помітно сублімується (процес возгонки)):



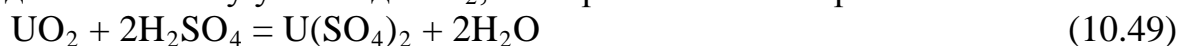
Спек обробляють сірчаною кислотою, і розчин сульфату цинку піддають електролізу.

Цинк з відпрацьованих електролітів і розчинів цинкування. За допомогою хлориду натрію переводять сульфат в хлоридний комплекс і виділяють цинк на аніоніті, що підходить.

Цинк з відпрацьованих каталізаторів. Хлорид обережно сублімують (процес возгонки) в струмі кисню, окиснюючи присутні в масі каталізатора домішки вуглецю, сірки, амоніаку та інші, а потім конденсують хлорид в

спеціальних камерах.

Утилізація урану. Уран з скрапу після обробки ядерного палива. Уран знаходиться в ньому у вигляді  $UO_2$ , який розчиняють в сірчаній кислоті:



і осаджують уран на катіоніті.

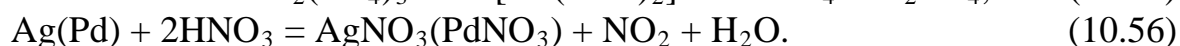
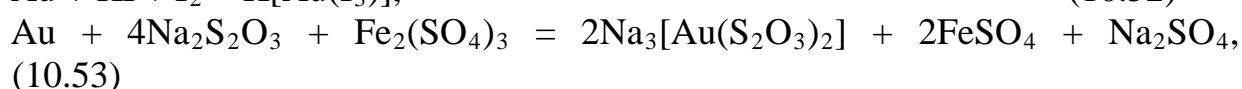
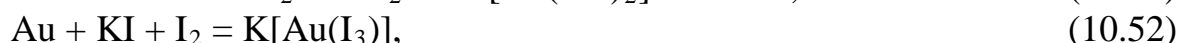
Уран із стічних вод гідрометалургійного виробництва. У стічних водах уран присутній у вигляді парауранату амонію і може бути безпосередньо витягнутий за допомогою аніонообмінних смол.

Уран з одягу, рукавиць, масел та інших матеріалів. Ці відходи обережно озолують, розчиняють отриманий  $UO_2$  в сірчаній кислоті і екстрагують трибутилфосфатом.

#### 10.4 Відходи золота, срібла і платинових металів

Існує кілька основних джерел вторинного золота, але всі вони діляться на дві великі групи: металургійні відходи і відходи інших виробництв. Перші - це відвали після вилучення кольорових і рідкісних металів, шлами електролізу міді, нікелю, кобальту, деякі види шлаків, стічні води шахт і копалень. Другі включають металеві відходи та брухт машинобудівної, електронної та поліграфічної промисловості, підприємств ВПК і ювелірних заводів. Незалежно від походження, багату сировину піддають плавці і розчиненню «царською водкою», а бідну - ціануванню або вилуговуванню розчинами інших комплексотворювачів (тіоціанатів, тіосульфатів, тіосечовини, амоніаку, йоду та ін.).

Рівняння відповідних реакцій мають вигляд:



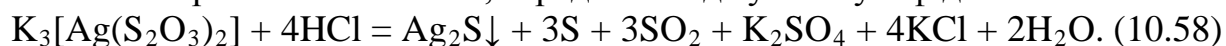
Зі шламів (сумішей міді, золота, срібла і платиноїдів) спочатку виділяють мідь, срібло, паладій і інші метали, розчинні в нітратній кислоті, а залишок плавлять або ціанують.

Шлами рафінування міді розварюють концентрованою сірчаною кислотою, розчинні сульфати міді, срібла, паладію направляють на електроліз, а осад сушать і сплавляють з глетом, содою, вугіллям та бурою.

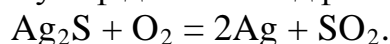
Срібло з фотоматеріалів. У світі на фотоцелі витрачається щорічно близько 5000 т срібла. Після експонування та обробки 50% залишається на плівці, а 50 йде в розчин. Плівку спалюють у спеціальних печах, золу плавлять содою і вугіллям:



З фоторозчинами справа йде набагато складніше. Справа в тому, що дрібні споживачі їх як правило виливають, середні - осаджують сульфід:



Сульфід можна відфільтрувати і обпикти під витяжкою:



(10.59)

Що ж стосується фільтрату, то зливати його в каналізацію не можна, а потрібно спочатку упарити, потім осадити сульфат кальцію, який захопить сірку і частину солей, і направити його на полігон ТПВ.

Великі споживачі мають можливість піддати відходи фіксажу електролізу, виділивши срібло на катоді. Відпрацьований електроліт можна нейтралізувати вапном, як зазначено вище.

Як бачимо, утилізація срібла простіше, ніж золота, а здійснюється в усьому світі набагато гірше. Тим часом, срібло не тільки дороге, але і вельми шкідливий метал, за токсичністю близький до хрому, свинцю, миш'яку, нікелю і міді (позитивна бактерицидна дія його виявляється при незначних концентраціях). Тому його утилізація переслідує як економічну, так і токсикологічну мету.

Срібло з брухту літаків. Деталі поміщають в кошики із пластику й заряджають анодно, піддаючи розчиненню всі неблагородні метали, а срібло відновлюють на катоді (електроліт - водний розчин нітратів міді та срібла).

## 11. Відходи деревообробної та лісової промисловості

На сьогодні лісами вкрито 15,7 % території України. Завдяки сприятливому клімату в середньому для України щорічно на 1 га лісу приростає 4 м<sup>3</sup> деревини. Для всієї території ця цифра складає близько 40 млн. м<sup>3</sup>. Якщо звідси відняти приріст деревини на заповідних територіях, то за 1 рік Україна може отримувати близько 25 млн. м<sup>3</sup> деревини. В 2004 році заготівля лісоматеріалів склала 15,3 млн. м<sup>3</sup>. За оцінками Державного комітету статистики України об'єми відходів деревини лише у 2005 році в лісовому господарстві країни склала близько 1080 тис. м<sup>3</sup>, в тому числі 837,6 тис. м<sup>3</sup> утворилося при лісозаготівлях та 242,4 тис. м<sup>3</sup> - при деревообробці. Серед останніх 146,4 тис. м<sup>3</sup> складають кускові відходи та 96 тис. м<sup>3</sup> - м'яккі відходи у вигляді тирси, стружки і т.п. Це при тому, що в 1999 році в Україні заготовлено 10,3 млн. м<sup>3</sup> деревини, з яких 1,406 млн. м<sup>3</sup> склала так звані порубочні залишки вологістю 50 – 60 %, 0,452 млн. м<sup>3</sup> - відходи при розпилюванні кругляка, вологість яких сягає 40 – 45 % та 0,656 млн. м<sup>3</sup> деревних відходів утворилося при виготовленні продукції на промислових підприємствах. При цьому унікальною властивістю цих відходів є їх постійна відновлюваність при нормальній організації функціонування лісового господарства.

Всі деревовміщуючі відходи можна розділити на три основні групи:

1. Відходи заготівлі деревини.
2. Відходи переробки деревини.
3. Матеріали, предмети та вироби з деревини, котрі втратили свої споживчі властивості чи морально застаріли.

Відходи деревообробки, в свою чергу, можна класифікувати за різними ознаками:

- по асортименту вихідної сировини – відходи пиломатеріалів, відходи фанери, відходи деревинно-волокнистих плит, відходи деревинно-стружкових плит;
- за породою деревини – листяна та хвойна;



- за вологістю – сухі ( вологість до 15 %), напівсухі (16 – 30 %), вологі (більше 30 %), надто зволожені ( 100 % та вище);

- за розмірами – кускові (крупні – 1000÷6500x100÷200x10÷50 мм; середні – 250÷500x100÷220x16÷35 мм; дрібні – до 250x15÷60x12÷30 мм) та сипучі (стружка – 2÷25x0,2÷1,5 мм, тирса – 1÷5x0,1÷3,0 мм, деревний пил з розміром часток 0,01÷0,02 мм);

- за стадійністю обробки – первинні та вторинні.

В загальному кількість відходів в деревообробці сягає 45 – 63 % вихідної сировини. При розпилі колод утворюється відходів на рівні 35 % від об'єму переробки деревини, при виробництві дверних та віконних блоків – 31 %, при виробництві паркету – 30 %, при виробництві меблів – 54 %, в ремонтно-експлуатаційних роботах – 33 %. Об'єм тирси залежить від ширини розпилу і може сягати 11-12 % від об'єму колод, що розпилюються.

Особливістю відходів вживаної деревини є той факт, що до її складу можуть входити різноманітні конструкційні матеріали (цвяхи, шурупи, елементи кріплення та декору з чорних та кольорових металів), а поверхня більшості з них покрита шарами клею, лаку, фарби, декоративних матеріалів і т.п. Тому всі вживані деревинні відходи пропонується поділяти на три основні групи:

- відходи вживаної деревини, що не містять жодних домішок;
- відходи вживаної деревини, забруднені хімічними речовинами;
- решта вживаних відходів, в т.ч. і дерев'яні вироби, захищені речовинами, що містять важкі метали, мастила, галогенорганічні сполуки і т.п.

Можна говорити про три головні напрямки утилізації деревинних відходів: матеріальний, енергетичний, біологічний. При цьому більшість відходів можуть утилізуватись наступними методами:

- хімічна переробка деревинної маси з отриманням целюлози, органічних та смолистих речовин, ефірних масел, біологічно-активних речовин і т.п.;

- термохімічна конверсія відходів деревини (пряме спалювання, газифікація, піроліз) з отриманням енергії чи тепла;

- біотехнологічна конверсія деревинної маси з отриманням біогазу, жирних кислот, низькоатомних спиртів і т.п.;

- виробництво продукції для будівельної індустрії, побуту, промисловості.

Основний напрямок фізико-механічної переробки відходів деревини - отримання штучних матеріалів і виробів, що містять деревину. Серед них найбільш масовими є наступні.

1. Деревостружкові плити (ДСП), одержують пресуванням стружки, змішаної з зв'язуючими - мочевино- або фенолоформальдегідними смолами.

2. Деревоволокнисті плити (ДВП), до складу яких входять волокнисті фракції, отримані шляхом гідролітичної обробки відходів, і зв'язуючих матеріалів, кількість яких, однак, набагато менше, ніж в ДСП.

3. Вироби на основі деревоволокнистих матеріалів, одержують штампуванням або пресуванням.

4. Деревобрікети паливного призначення (теплотворна здатність понад 15 тис. кДж/кг).

5. Деревоцементні матеріали (ДЦМ).

5.1. Ксилоліт являє собою суміш деревної муки, тирси, стружки, азбесту, замкнену при певному водоцементному відношенні.

5.2. Фіброліт готують на основі деревної вати з додаванням багаття льону та інших волокнистих рослин. Зв'язуючий - магнезійний цемент.

5.3. Арболіт має аналогічний склад, але в якості зв'язуючого служить суміш полімеру і цементу.

6. Екструзійні матеріали, одержують з тирси або роздробленої деревини шляхом високотемпературної механічної екструзії.

7. Фільтрувальні матеріали на основі деревинних волокон.

8. Вспушувачі і піноутворювачі для виробництва керамзиту та інших пористих матеріалів і виробів, що одержують шляхом випалу.

### **11.1 Відходи картону та паперу**

Вихідні матеріали - папір (до 250 г/м<sup>2</sup>) і картон (вище 250 г/м<sup>2</sup>), виготовляються переважно з целюлози, головного будівельного матеріалу клітинних структур вищих рослин. Виділення целюлози засноване на використанні реагентів, що розчиняють нецелюлозні компоненти рослин - розчинів лугу (лужне варіння), сірчистого газу (сульфітне варіння), солей лужних металів (гідротропне варіння).

Целюлоза є основним компонентом паперової маси, в яку додають також тонкоподрібнені азбест, скляні та синтетичні волокна і ряд речовин, що додають паперу необхідні властивості - клеї, наповнювачі, барвники, добавки, що знижують набухаємість, армуючі нитки та ін. Отримана маса подається на рухому сітку для формування паперового полотна і його послідовної обробки: пресування, зневоднення, сушіння, ущільнення і просочення.

Використані папір та картон представляють один з найбільш цінних видів вторинної сировини і отримали спеціальну назву - макулатура. З 1 тонни макулатури отримують 0,7 т паперу або картону і економлять при цьому близько 4 т деревини, 500 м<sup>3</sup> води, 300 кВт·год електроенергії і 100 чоловікогодин трудовитрат.

Однак високосортну паперову продукцію з макулатури отримати не можливо. Але зате можна виготовити численні види тарного картону, пакувальних матеріалів, будівельних плит, гідроізоляційних прокладок і наповнювачів для пластмас.

Причина неможливості повернення макулатури на виробництво високосортного паперу полягає в тому, що макулатура містить численні чужорідні домішки органічного та неорганічного походження, що додаються при виробництві паперу з метою управління якістю. До них відносяться:

- полімерні зміцнювальні добавки;
- типографські фарби;
- відбілювачі;
- мінеральні абразивні матеріали.

Тим не менш, можлива так звана глибока переробка макулатури, при якій

вдається позбутися переважної частини домішок і направити очищену масу на виробництво паперу першого і вищого сортів. Наприклад, у США при річному виробництві паперу близько 50 млн. т. 30% паперових фабрик працюють на макулатурі, маючи стабільний рівень виробництва продукції вищого сорту. Однак, слід зазначити, що і якість макулатури в США набагато вище, оскільки, поряд з папером і картоном, в хід йдуть численні види бавовняних і полімерних відходів. Однак, якщо навіть обмежитися відтворенням дефіцитного тарного картону (ого рециклінг може досягати 50%), переробка макулатури залишається одним з найбільш економічних видів переробки вторинної сировини.

Перше місце в цій області займає Німеччина, в якій збір і переробка макулатури є частиною державної політики в галузі використання вторинних ресурсів. До речі, Німеччина досі залишається єдиною країною в світі, що здійснює масовий імпорт макулатури (так само, як, втім, і високосортного паперу) - понад 300 тис. т/рік. І це не випадково, якщо врахувати, що вона не має скільки-небудь значних запасів деревини.

На противагу Німеччині, країни колишнього СРСР, наприклад РФ, що стоїть на 2 місці в світі за запасами лісової сировини, імпортує до 70% паперу, що споживає, «виробляє» понад 1,5 млн. т. макулатури і експортує величезні кількості круглого лісу.

### **11.2 Хімічна і енергохімічна переробка відходів деревини і твердих органічних матеріалів**

Вона здійснюється двома методами: гідрохімічними (водна, лужна і кислотна обробка при помірних температурах і тиску) і термохімічними (високо- і низькотемпературний піроліз і енергохімічна переробка).

Основним гідрохімічним методом утилізації деревини є каталітичний гідроліз полісахаридів (целюлози і геміцелюлози рослинних тканин) та отримання водорозчинних цукрів, на базі яких виробляють ряд харчових, кормових і технічних продуктів. Останні мають особливо важливе значення як сировина для важкого органічного синтезу. Зокрема, з гідролікатів можна отримувати:

- кристалізацією розчинних моноз - глюкозу харчову і ксилозу технічну;
- гідруванням - ксиліт і сорбіт;
- дегідратацією - фурфурол;
- гідрогенолізом - гліцерин, етиленгліколь;
- окисенням - органічні кислоти;
- бродинням - спирти, ацетон, білково-вітамінні дріжджі, антибіотики.

### **11.3 Утилізація лігніну**

Одним з багатотоннажних відходів хімічної деревообробки є лігнін, що одержують при гідролізі деревини.

Технічний лігнін являє собою суміш важкогідролізуємих полісахаридів, смол, гумінових кислот і мінеральних включень. Основний компонент цієї суміші, лігнін - нерегулярно побудований природний полімер складної структури, в якому, крім переважаючих ароматичних, присутні також лінійні і розгалужені макромолекули. Незважаючи на яскраво виражену речовину індивідуальність, хімічною сполукою його назвати не можна: його властивості залежать і від виду деревини, і від її віку, і від способу виділення.

Основна маса відходів лігніну утворюється в гідролізній промисловості і на підприємствах з виробництва паперу. Останні постачають лігнін у вигляді суміші кальцієвих солей лігносульфонових кислот, що утворюються при сульфитному варінні деревини. Великомасштабні промислові способи утилізації величезних (сотні тисяч тонн на рік) відходів лігніну досі не розроблені.

З гідролізного лігніну можна отримати:

- гідролізом - активовані вугілля, оцтову кислоту, фенол;
- водною обробкою - наповнювачі для преспорошків;
- хімічною обробкою - щавелеву кислоту;
- пресуванням - будівельні та ізоляційні лігнопліти.

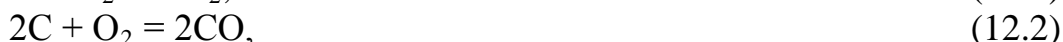
Крім того, лігнін може служити в якості зв'язуючого при отриманні деревностружкових і деревочарових плит і погонажних виробів. Значним споживачем лігніну може стати гумова промисловість, де він використовується в якості активного підсилювача синтетичних каучуків (біла сажа) взамін газової сажі, що одержують при дегідрогенізації природного газу.

Важливим термохімічним методом утилізації відходів деревини є піроліз, але цей метод порівняно дорогий в застосуванні до відходів. Тому основне місце в цій області займає простий, економічний і досконалий з технологічної точки зору метод газифікації відходів деревини та інших твердих органічних матеріалів.

## 12. Газифікація відходів твердих органічних матеріалів

Газифікація включає ряд термохімічних процесів перетворення твердих органічних матеріалів в горючі гази шляхом окиснення повітрям, киснем, водяною парою, вуглекислим газом. На відміну від піролізу, газифікація, як це впливає з назви методу, не передбачає утворення будь-яких інших компонентів, крім газоподібних (виняток - невелика кількість твердих або рідких шлаків, що одержуються з неорганічних складових твердих органічних матеріалів). Оскільки процес газифікації протікає в спеціальних колонах, званих генераторами, всі гази, що одержуються при газифікації, називають генераторними газами.

Газогенерація включає чотири стадії: тверді органічні матеріали, що знаходяться безпосередньо під завантажувальним отвором у верхній частині апарату при 100 - 150°C, піддаються нагріву; нижче розташовується зона сушіння (150 - 200°C), ще нижче, при 250 - 550°C починаються і при 800°C закінчуються реакції сухої перегонки. І, нарешті, в середній та нижній зонах газогенератору при 1000 - 1500°C протікають основні реакції газифікації:



Способи отримання генераторних газів

Повітряний газ (ціловий компонент - CO) отримують при чисто повітряному дутті і при протіканні реакцій (12.2, 12.4, 12.5), а також (12.3), яка при 1500°C практично зміщена в бік утворення CO.

Кисневий газ утворюється при чисто кисневому дутті, містить 95 - 97% CO і використовується як реагент і для створення відновлювального середовища.

Парокисневий газ отримується при використанні парокисневого дуття і на 95 - 97% складається з CO і H<sub>2</sub>, співвідношення яких задають, варіюючи склад дуття.

Пароповітряний газ утворюється при продувці генератора відповідною сумішшю і є найпоширенішим і дешевим видом газоподібного палива.

Водяний газ містить до 86% суміші CO і H<sub>2</sub>, яку використовують для синтезу амоніаку, метанолу, етанолу, детергентів, рідких палив і парафіну. Цю суміш називають синтез-газом.

Напівводяний газ, що містить CO + (H<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> = 3) використовується безпосередньо для отримання амоніаку.

Газифікація кускових твердих органічних матеріалів - досить продуктивний процес. Потужність генераторів середніх розмірів (висота 10 і діаметр 3 м) становить 30 тис. нм<sup>3</sup>/год. В даний час застосовуються газогенератори для пилоподібних твердих органічних матеріалів, продуктивність яких в кілька разів вище, а також апарати, в яких поєднуються газифікація і вироблення електроенергії в кількості 1 кВт-год на 1 кг твердих органічних матеріалів. Вельми цікавими і перспективними є методи обробки об'єднаних твердих органічних і неорганічних відходів розплавами шлаків доменних та сталеплавильних печей при температурах 1400 - 1700°C, що дозволяють отримувати металеві сплави, горючі гази і пористі шлаки.

### **13. Відходи будівництва та промисловості будівельних матеріалів**

З кожним роком умови проживання людини покращуються, що передбачає будівництво нового житла, об'єктів соціально-побутової сфери, нових заводів, фабрик та інших об'єктів. Інтенсифікація будівництва загострює проблему утилізації твердих будівельних відходів, котрі навіть сьогодні в своїй більшості вивозяться на звалища. А це призводить до забруднення довкілля речовинами, котрі деградують досить повільно, а також до втрати цінної вторинної сировини. Встановлено, що при добуванні природного щебеню витрачається енергії у 8 разів більше, ніж при отриманні щебеню із бетону.

Якщо зважити, що за оцінками фахівців у 2000 р. у США, Японії та країнах ЄС утворилося близько 360 млн. т бетонного лому, то резерв економії в цьому напрямку величезний. Більше того, собівартість бетону, отриманого із вторинного щебеню, на 25 % нижча від традиційного, отриманого по технології з використанням природного щебеню. В світі щорічно утворюється близько 2,5 млрд. т будівельних відходів, що складає приблизно 20 % від загальної маси всіх видів відходів. Для різних країн маса відходів, що утилізуються та використовуються повторно, може суттєво змінюватись.

Перед утилізацією будівельних відходів необхідно видаляти з них найбільш токсичні елементи – азбест та свинець. За приблизними оцінками щорічне

виробництво 1 млн. т вторинного щебеню дозволяє не лише заощаджувати природні ресурси, продовжувати термін експлуатації існуючих сховищ відходів, але й на 120 тис. рейсів знижувати використання транспорту та на таку ж кількість скоротити його холостий пробіг.

Всі будівельні відходи можна розділити на три основні категорії:

- відходи від спорудження нових будинків;
- відходи від розбору та знесення старих будівель (до 70 % загального об'єму будівельних відходів);
- відходи промисловості будівельних матеріалів.

За приблизними оцінками відходи будівництва та промисловості будівельних матеріалів в загальному об'ємі відходів складають близько 12 %.

Класифікація будівельних відходів з точки зору матеріалів, з котрих вони виконані, практично однакова для всіх трьох категорій – бетон, залізобетон, дерево, метал, цегла, папір, ґрунт, пісок, пластмаса, асфальтобетон та ін. Характерною особливістю відходів будівництва є те, що більшість із них можуть використовуватись самою будівельною індустрією в якості вторинної сировини при виробництві цементу, наповнювачів для бетону, різноманітних добавок, в'язучих і т.п. За оцінками фахівців, із загальної маси будівельних відходів 50 % складає бетон та залізобетон, 34 % – кам'яні стінові матеріали, 8 % – асфальтові відходи, 7 % – відходи деревини, металів, пластику, скла, гіпсу, 1 % – інші відходи.

Для України, як і інших країн колишнього Радянського Союзу, проблема будівельних відходів набуває сьогодні надзвичайної гостроти у зв'язку з тим, що вичерпується термін експлуатації так званих „хрущовок” – будівель, масово зведених в 50-60-х роках минулого століття. І якщо для сучасників зведення „хрущовок” було вирішенням житлового питання, то сьогодні воно перетворюється в актуальну невідкладну проблему. Оскільки досвід підтвердив недоцільність реконструкції таких будинків, то очевидно, що всі вони підлягають зносу. А раз так, то виникає питання будівельних відходів такого процесу. Адже лише від однієї стандартної „хрущовки” залишається біля 3000 м<sup>3</sup> будівельних відходів. Лише в столиці нараховується близько 2000 таких будинків, а в цілому по Україні в них проживає кожний четвертий громадянин. Разом з тим, будь-які потужності для утилізації будівельних відходів на сьогодні в Україні відсутні. За розрахунками московських фахівців, де процес реконструкції „хрущовок” планують повністю завершити до 2010 р., знос, вивіз та переробка будівельних відходів коштує в середньому біля \$100 за 1 м<sup>2</sup>. Для зносу „хрущовок” у великих містах РФ було створено цілу мережу спеціалізованих організацій („Асоціація по сносу зданій” в Санкт-Петербурзі чи „Сатори” в Москві), котрі орієнтовані на вирішення проблеми будівельних відходів. Досвід роботи таких підприємств показує, що переробка відходів дозволяє отримати кілька вторинних матеріалів – щебінь, металолом, відсів.

Але навіть після переробки відходів проблему не можна вважати вирішеною, оскільки практично відсутній ринок збуту вторинних матеріалів, що перешкоджає їх реалізації.

Основними компонентами бетону є, як відомо, щебінь, пісок та цемент. Для

залізобетону до перелічених матеріалів додається відповідна металева арматура. Всі ці матеріали є відносно стійкими в навколишньому середовищі, тому навіть після тривалої експлуатації загальний їх об'єм та маса змінюються досить мало. Тому очевидно, що найбільш раціональним є повторне використання бетону та залізобетону в будівельній технології. Воно дозволяє зменшити навантаження на довкілля та створити резерв матеріальних і енергетичних ресурсів в будівельній індустрії. Однак, на сьогодні відносно невисока вартість первинних природних наповнювачів не стимулює широкомасштабного повторного використання відходів бетону та залізобетону.

Навіть в такій високорозвинутій країні, як Англія, доля повторного використання відходів бетону та залізобетону в якості наповнювачів склала в 1991 р. лише 10 %. Причиною такого стану речей можна вважати наступні фактори:

- природні родовища мінеральних ресурсів, придатних для використання в якості наповнювача, досить добре розроблені, а запаси самих ресурсів ще досить значні;

- досить суттєві інвестиції в цю галузь стимулюють добування та транспорт саме природних наповнювачів;

- використовуючи природні наповнювачі, досить просто виконувати всі вимоги нормативних документів без будь-яких додаткових операцій чи речовин;

- досить високий рівень розвитку виробничої бази первинних наповнювачів перешкоджає як широкому використанню вторинних, так і розвитку індустрії їх виробництва та постачання.

Відходи деревини, котрі утворюються в будівельній індустрії, утилізують за описаними вище технологіями. Скло та його відходи здаються для переробки на відповідні підприємства. Відходи металів після класифікації передаються підприємствам Вторчермету для переплавки та виготовлення вторинної продукції. Значно складніша ситуація з переробкою м'яких покрівель, котрі містять бітум та лінолеум із вмістом ПВХ. При їх спалюванні в атмосферу виділяється значна кількість шкідливих речовин у вигляді газів, диму, чаду, що негативно впливає на стан довкілля. Разом з тим, м'яка покрівля містить 14,2 % картону, 21,4% піску, решта – бітумні матеріали. Встановлено, що таким чином із відходів можна отримати бітуму в кількості 40-50 % від їх загальної маси при собівартості значно нижче собівартості будівельного бітуму. Промаслений картон, що залишається після видалення бітуму, має теплотворну здатність не нижче 7500 ккал/кг, тому може бути використаний в якості палива.

Відходи цегли також можуть після подрібнення та класифікації використовуватись в якості щебеню при будівництві доріг. Основним напрямком такого використання можуть бути основи автомобільних доріг, автомобільних стоянок, садово-паркових доріжок, дворових територій і т.п.

#### **14. Відходи сільського господарства, харчової промисловості та лікувально-профілактичних установ**

В загальному випадку всі тверді відходи сільського господарства та харчової промисловості можна умовно розділити на тверді відходи природного

походження та тверді відходи штучного походження.

Тверді відходи штучного походження представлені, переважно, пестицидами. Сьогодні ця проблема тимчасова для України і з часом буде вирішена, оскільки в умовах нормального господарювання виникнути просто не може. Після розвалу Радянського Союзу та масштабного розподілу власності виявилось, що на території України знаходиться велика кількість пестицидів, більшість яких зберігається в неприпустимих умовах, а досить суттєва їх частина взагалі виявилась безгосподарними. Таке зберігання пестицидів сприяло інтенсивному їх розповсюдженню в довкіллі та забрудненню ґрунтів, поверхневих та підземних вод. Проблема ускладнювалась ще й тим, що в результаті тривалого зберігання маркування на упакуванні та й саме пакування було знищено і встановити тип та марку пестицидів виявилось неможливим.

Пестициди ( від латинського *pestis* – зараза, чума та *caedo* – вбиваю) відносяться до речовин, що призначені для знищення шкідників, бур'янів, фітопатогенів та інших форм живих організмів, шкідливих для рослин.

Пестициди поділяють на такі основні групи:

- гербіциди – для знищення бур'янів;
- дефоліанти – для регулювання росту рослин;
- арбоциди – для знищення небажаної деревної та кущової рослинності;
- фунгіциди – для знищення грибкової мікрофлори рослини;
- інсектициди – для знищення шкідливих комах;
- зооциди – для знищення гризунів.

Сьогодні існують і інші види пестицидів, котрі не набули такого широкого застосування. Загальний об'єм вироблених в 1982 р. пестицидів перевищив 2 млн. т при асортименті більше 100 тис. назв та марок.

Брак коштів не дозволяє сьогодні приділяти належну увагу проблемі непридатних та заборонених пестицидів. Тому вирішення проблеми розділено на три основні етапи:

- комплексна інвентаризація запасів пестицидів;
- перезатарювання непридатних та заборонених пестицидів із зберіганням на тимчасових проміжних складах;
- утилізація або знищення перезатарених пестицидів.

Всі заборонені та непридатні пестициди поділяють на три основні групи:

**А** – заборонені до використання пестициди (близько 30 % від загальної кількості);

**Б** – пестициди, котрі втратили свої властивості (близько 20 % від загальної кількості);

**В** – невідомі пестициди, суміші з різними типами та різними речовинами (близько 50 % від загальної кількості).

Причому, серед груп А та Б близько 95 % речовин відносяться до 1 – 3 класу небезпеки, 70 % перебувають в твердому стані, 20 % - у вигляді суспензій та емульсій, 10 % - у вигляді паст. Близько 40 – 50 % є хлорорганічними похідними. Тому до вибору контейнерів необхідно підходити досить відповідально.

Значно більшу масу відходів сільського господарства складають тверді відходи природного походження. Характерною особливістю таких відходів є



можливість їх природного знешкодження в навколишньому середовищі, однак значне їх накопичення на обмежених територіях супроводжується різноманітними екологічними проблемами.

Тваринництво сьогодні відрізняється значним скупченням тварин та птиці на незначній площі, що зумовлює інтенсивне забруднення прилеглих територій відходами у вигляді гною, пташиного помету, стічних вод. Наприклад, комплекс по відгодівлі великої рогатої худоби чисельністю 10 тис. голів щодоби продукує 450 – 675 м<sup>3</sup> суміші гною та стічної води. Комплекс по відгодівлі свиней продуктивністю 150 тис. голів щоденно забезпечує утворення 2000 – 4000 м<sup>3</sup> відходів у вигляді екскрементів та стічних вод. Навіть птахофабрика на 400 тис. несучок продукує щорічно таку кількість помету, що при його розкладанні можна отримати близько 700 т біогазу. З незапам'ятних часів гній та помет використовували в якості органічного добрива для збільшення родючості ґрунту і проблеми, як такої, взагалі не існувало, оскільки концентрація тварин на одиницю земельних угідь була досить низькою. В окремих господарствах корів із незначними надоями тримали саме для продукування гною. З цієї точки зору гній можна вважати цінним добривом із збалансованим вмістом біогенних елементів, мікроелементів та органічних речовин, що легко розкладаються. Відходи тваринництва містять достатню кількість азоту, фосфору та калію, що дозволяє знизити необхідну дозу мінеральних добрив. Внесення органічних добрив покращує фізичні властивості ґрунту, водно-повітряний режим, зменшує шкідливий вплив кислотності та засоленості на рослини та корисні мікроорганізми.

Для отримання з гною та помету корисних речовин та перетворення їх у безпечні речовини використовують компостування, біоенергетичну утилізацію, вермикультивування та інші методи.

Вирощування сільськогосподарських культур також супроводжується утворенням значної кількості відходів, котрі сьогодні не знаходять застосування – солома та полова зернових культур, ботва картоплі та овочевих культур, стебло та обмолочені початки кукурудзи і т.п. Значна кількість таких відходів використовується в тваринництві та птахівництві для безпосереднього згодовування чи для приготування різноманітних кормових сумішей. Але значна частина не задіяна і може класифікуватись як відходи та призводити до негативних наслідків при накопиченні в навколишньому середовищі. Чи не найбільший об'єм відходів утворюється при вирощуванні зернових – стебла рослин та солома, що залишається після обмолоту. Досить часто вже в процесі збору зернових солому та полову розсипають по поверхні поля для подальшого заорювання та використання в якості органічних добрив. Внесення соломи в ґрунт ініціює розвиток мікроорганізмів та закріплення азоту і фосфору.

Аналогічно використовують відходи і інших культур – ботви картоплі, стернові залишки гороху, овесу та інших однорічних культур. Значна кількість соломи зернових культур використовується в тваринництві та птахівництві в якості підстилки, котра потім переходить в гній та помет, в якості добавки при компостуванні органічних відходів.

За оцінками фахівців, в рослинництві утворюється 0,8-1,5 т соломи на 1 т зерна, 6 % бункерної маси зерна відноситься до некондиційного. При обмолоті

кукурудзи 20 % бункерної маси складають оброблені початки, котрі також не знаходять застосування. Одним з методів переробки таких відходів може бути компостування. Особливістю компостування рослинних відходів, у порівнянні з відходами тваринництва та птахівництва є те, що такі відходи на початковій стадії в нормальному стані не виділяють неприємних запахів. Вони утворюються лише в процесі компостування. Крім цього, для забезпечення необхідної якості компосту та скорочення терміну його приготування передбачають примусове продування повітря через компостну масу та періодичне її перекидання. Тому сьогодні споруди для компостування представляють собою складний технічний комплекс, котрий повинен забезпечувати не лише технологічні, а й екологічні вимоги. Це, звичайно, збільшує витрати на виробництво компосту та робить весь процес мало привабливим. Тому рослинні, або так звані "зелені" відходи сьогодні частіше розглядають з енергетичної точки зору.

Вся система поводження з відходами в ЛПУ включає наступні ланки:

- збір відходів в межах медичного підрозділу;
- транспортування та перевантаження відходів у корпусні контейнери;
- тимчасове зберігання відходів на території ЛПУ;
- транспортування корпусних контейнерів в місця знешкодження відходів.

Знешкодження відходів проводиться, переважно, на окремих спеціалізованих підприємствах. СанПиН 2.1.7.728 – 99 "Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно – профилактических учреждений" поділяє всі медичні відходи на п'ять основних класів.

**Клас А.** Безпечні відходи ЛПУ. Сюди відносяться відходи, що не мали контакту з біологічними рідинами пацієнтів, інфекційними хворими, нетоксичні відходи. Такими відходами також вважаються харчові відходи всіх підрозділів ЛПУ, крім інфекційних, меблі, інвентар, несправне обладнання, що не містить токсичних речовин.

**Клас Б.** Небезпечні (ризикові) відходи ЛПУ. Вони включають потенційно інфіковані відходи у вигляді матеріалів та інструментів, забруднених речовинами пацієнтів, в т.ч. і кров'ю, патологоанатомічні відходи, органічні операційні відходи (органи, тканини і т.п.), всі відходи інфекційних відділень (в т.ч. і харчові), відходи мікробіологічних лабораторій, що працюють з мікроорганізмами 3-4 груп патогенності, біологічні відходи віваріїв.

**Клас В.** Надзвичайно небезпечні відходи ЛПУ. Клас включає матеріали, що контактували з хворими, особливо небезпечними інфекціями, відходи лабораторій, що працюють із мікроорганізмами 1 – 4 груп патогенності, відходи фтізіатричних мікологічних лікарень, відходи від пацієнтів з анаеробною інфекцією. Особливо небезпечні відходи в загальній масі медичних відходів займають приблизно 10 %.

**Клас Г.** Відходи ЛПУ, за складом близькі до промислових. До цього класу відносять ліки та деззасоби із закінченим терміном використання, відходи від ліків та діагностичних препаратів, цитостатики та інші хімпрепарати, ртутьвміщуючі предмети, прилади та обладнання.

**Клас Д.** Радіоактивні відходи ЛПУ. Включає всі види відходів, що вміщують радіоактивні компоненти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3910-99 (ГОСТ 17.9.1.1-99). Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій.
2. Державний класифікатор відходів України УДК 005-96 // Збірник нормативно-методичних документів у сфері поводження з відходами — Мінпромполітики України УкрДНТЦ «Енергосталь». — Х., 2000.
3. ДСТУ 3911-99 (ГОСТ 17.9.0.1-99). Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги.
4. Основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. — Постанова ВРУ від 05.03.1998 р. № 188/98 – ВР..
5. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища.”, 1991 р.
6. Закон України “Про відходи”, 1998 р.
7. Методичні вказівки до рішення задач з теми «Розрахунок кількісних характеристик емісії звалищного газу з полігонів твердих побутових відходів» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 7.04010601 „Екологія та охорона навколишнього середовища”) / Укладачі: Зубцов Є.І., Казаков В.В. – Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2015. - 35 с.
8. Методичні вказівки до рішення задач з теми «Моніторинг викидів важких металів в енергетичних установках» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 7.04010601 „Екологія та охорона навколишнього середовища”) / Укладачі: Зубцов Є.І., Казаков В.В. – Северодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2014. - 38 с.
9. Методичні вказівки до рішення задач з дисципліни "Управління поводження з відходами" (для студентів денної та заочної форм навчання напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Укладачі: Тюльпінов О.Д., Суворін О.В., Ожередова М.А.- Северодонецьк: Вид-во ТІ, 2009. - 35 с.
10. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.:Химия, 1989. – 512 с.

11. Экология города: Учебник / Под ред. Ф.В.Стольберга. – К.:Либра, 2000. – 464 с.
12. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. – К.: Кондор, 2010. – 549 с.
13. Братчиков В., Виговская А., Мищенко В. Управление промышленными отходами. — Учебное пособие. — Кн. 2. — Харьков: РИП «Оригинал», 2000. — 168 с;
14. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – 352с.
15. Экология города: Учебник / Под ред. Ф.В.Стольберга. – К.:Либра, 2000. – 464 с.
16. Королёв В.А. Очистка грунтов от загрязнений. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.– 365 с.
17. Равич Б.М. и др. Комплексное использование сырья и отходов. - М.: Химия, 1988. - 288 с.
18. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов. – М.: Химия, 1999. – 472 с
19. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. - М.: Химия, 1984.- 240 с.
20. Очистка и рекуперация промышленных выбросов. Под ред. В.Ф. Максимова и И.В. Вольфа. – М.: Лесная промышленность. – 1989. – 416 с.
21. Андреева И.П., Карцева Е.В., Потапов И.И. Экологическая индустрия: технологии переработки бумажных отходов (обзор состояния проблемы) // Инженерная экология, 1999. - №4. – С.56 – 64.
22. Эрнест Л., Злочевский Ф., Ерастов Г. Переработка отходов животноводства и птицеводства // Животноводство России, 2004. - №5. – С. 6-11.
23. Отходы учреждений здравоохранения: современное состояние проблемы, пути решения / Под ред. Л.П.Зуевой. – СПб., 2003. – 43 с.

У ч б о в е в и д а н н я

УПРАВЛІННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи  
для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності  
7(8).04010601 „Екологія та охорона навколишнього середовища”

У к л а д а ч :

Євген Іванович ЗУБЦОВ  
Валентин Васильович КАЗАКОВ

Редактор	<i>Є.І.Зубцов</i>
Техн. редактор	<i>Є.І.Зубцов</i>
Оригінал-макет	<i>Є.І.Зубцов</i>

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 60x84 <sup>1/16</sup>. Папір типограф. Гарнітура Times.

Печатка офсетна. Ум. друк. 3,6.

Тираж \_\_\_\_\_ Вид. № \_\_\_\_\_ Замовлення № \_\_\_\_\_

**Видавництво Східноукраїнського національного університету  
ім. Володимира Даля**

Адреса видавництва: 93400, м. Северодонецьк, Луганська обл.,  
пр. Центральний, 59а