

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Я.М. Заграй  
О.А. Котовенко  
О.Ю. Мірошніченко

## **ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ** **Захист ґрунтів і літосфери**

Конспект лекцій  
для студентів, які навчаються за напрямом підготовки  
6.040106, „Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування”

Київ 2013

УДК 504  
ББК 28.081  
З-14

Рецензент Л.О. Василенко, канд. техн. наук, доцент

*Затверджено на засіданні вченої ради санітарно-технічного факультету, протокол № 1 від 31 серпня 2012 р.*

Видається в авторській редакції

**Заграй Я.М.**

З-14      Інженерні методи захисту біосфери. Захист ґрунтів і літосфери: конспект лекцій / Я.М. Заграй, О.А. Котовенко, О.Ю. Мірошніченко. – К.: КНУБА, 2013. – 52 с.

Розглянуто загальний стан літосфери в Україні, вплив техногенного навантаження на літосферу та сучасні методи зниження цього впливу.

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансованого природокористування».

УДК 504  
ББК 28.081

© Я.М. Заграй, О.А. Котовенко  
О.Ю. Мірошніченко, 2013

© КНУБА, 2013

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
<i>Тема 1. Забруднення літосфери. Види відходів.....</i>	5
Лекція 1. Літосфера і педосфера. Стан літосфери в Україні. Тверді відходи і вторинні матеріальні ресурси.....	5
Лекція 2. Джерела виникнення та класифікація твердих відходів	8
Лекція 3. Підготовка та первинна переробка твердих відходів.....	11
Лекція 4. Збагачення перероблюваних матеріалів.....	15
<i>Тема 2. Переробка відходів виробництв неорганічних речовин</i>	19
Лекція 5. Переробка відходів виробництва сірчаної кислоти.....	19
Лекція 6. Переробка відходів виробництва фосфорних добрив.....	22
Лекція 7. Переробка відходів виробництва калійних добрив та кальцинованої соди.....	24
<i>Тема 3. Переробка відходів виробництва органічних продуктів та виробів на їх основі.....</i>	25
Лекція 8. Поводження з відходами нафтопереробки, нафтохімії та газифікації палив.....	26
Лекція 9. Переробка відходів виробництв матеріалів на основі гуми і виробництв пластичних мас та виробів на їх основі.....	28
<i>Тема 4. Вплив гірничодобувної промисловості на літосферу та методи його зниження.....</i>	31
Лекція 10. Переробка відходів вугільної промисловості .....	31
Лекція 11. Відновлення порушених земель (рекультивация), закладка вироблених просторів та геотехнології.....	34
<i>Тема 5. Поводження з радіоактивними відходами.....</i>	37
Лекція 12. Радіоактивні відходи і джерела їх виникнення.....	37
Лекція 13. Система поводження з РАВ.....	41
Лекція 14 . Захоронення радіоактивних відходів.....	43
<i>Тема 6. Поводження з твердими побутовими відходами.....</i>	45
Лекція 15. Тверді побутові відходи.....	46
Лекція 16. Полігони твердих побутових відходів .....	48
Список літератури.....	51

## ВСТУП

Конспект лекцій є складовою частиною загального курсу «Інженерні методи захисту біосфери».

Конспект лекцій включає навчальний матеріал для ознайомлення студентів-екологів з проблемами захисту літосфери, поводження з твердими відходами, що виникають у процесі життєдіяльності людини, а також основами сучасних методів і технологій, що використовуються під час вирішення екологічних та природоохоронних проблем літосфери.

Конспект побудовано за лекційним принципом, а наданий обсяг матеріалу відповідає тематиці питань, які розглядаються з урахуванням напряму самостійної роботи студентів. В кінці кожної теми надаються запитання для самопідготовки студентів.

У першому розділі розглядаються загальні питання побудови літосферної оболонки Землі та педосфери, проаналізовано сучасний стан ґрунтового покриву в Україні, наведені основні визначення твердих відходів і вторинних матеріальних ресурсів, розглянуто джерела виникнення і методи первинної переробки твердих відходів та збагачення перероблюваних матеріалів.

Другий розділ присвячено переробці відходів основних неорганічних виробництв, таких як виробництво сірчаної кислоти, фосфорних та калійних добрив та виробництв кальцинованої соди.

Третій розділ присвячено переробці відходів виробництва органічних продуктів та виробів на їх основі. Розглянуто методи переробки відходів нафтохімічної промисловості, відходів, що утворюються в процесі газифікації палив та відходів гумових виробництв та виробництв пластичних мас.

В четвертому розділі проаналізовано вплив гірничодобувної промисловості на літосферу та методи його зниження, розглянуто питання рекультивациі земель, закладки вироблених просторів, дано визначення геотехнологічних методів.

Методи поводження з радіоактивними відходами розглянуто в п'ятому розділі. Визначені джерела виникнення радіоактивних відходів, наведена їх класифікація, розглянута система поводження з РАВ та питання захоронення РАВ.

В шостому розділі розглядаються питання поводження з твердими побутовими відходами та методи складування їх на полігонах ТПВ.

## ***Тема 1. Забруднення літосфери. Види відходів***

Природа – цілісна складна багатокомпонентна система із великою множиною збалансованих складних зв'язків, у якій проходять складні багатofакторні процеси. Порушення будь-яких зв'язків, зниження їх збалансованості та техногенний вплив на природні процеси призводять до необоротних наслідків у навколишньому середовищі.

### Лекція 1

## **Літосфера і педосфера. Стан літосфери в Україні. Тверді відходи і вторинні матеріальні ресурси**

Літосфера – верхня (тверда) оболонка Землі, що включає всю земну кору та верхню частину мантії (субстрат). Сумарна потужність літосфери від 50 до 200 км, в тому числі земної кори – до 75 км на континентах і 10 км під дном океану.

Важливою частиною літосфери є педосфера – ґрунтовий покрив Землі, що утворюється на межі літо-, гідро- та атмосфери. Педосфера є найактивнішим компонентом біосфери. Вона забезпечує акумуляцію поживних речовин, енергії та води, які сприяють розвиткові рослин, більшості ґрунтових тварин і мікроорганізмів. В цих умовах відбуваються процеси накопичення органічної речовини як джерела хімічної енергії, регулювання хімічного складу гідро- і атмосфери, формування колообігу хімічних елементів і речовин, відтворення родючості ґрунту. Педосфера формується і залежить від стану середовища всіх трьох складових біосфери, а тому є найбільш вразливою при порушенні будь-якої з них.

В Україні в господарський оборот залучено біля 92 % земельного фонду, біля 57 % його розорано. Більше половини сільгоспугідь зазнають різних видів ерозії. Крім того, з'явилась стійка тенденція інтенсивного вилучення сільськогосподарських земель для несільськогосподарського використання. Тільки за останні 35 років вилучено більше 2,8 млн. га сільгоспугідь, з них – половина орних земель найкращої якості, що рівнозначно сільськогосподарському потенціалу Одеської області. Великі втрати продуктивних земель від затоплення і заболочування при будівництві та експлуатації водосховищ.

Загальна площа земель з порушеним ґрунтовим шаром за станом на 01.01.2007 р. становила 157,8 тис. га. Загалом спостерігається масове потужне забруднення ґрунту, зменшення ґрунтових і лісових ресурсів.

Як відомо, промислове забруднення на 30-40% знижує продуктивність сільськогосподарських культур. Забруднення сільськогосподарської продукції хімікатами, пестицидами і нітратами зумовило в останній час стрімке збільшення захворюваності і смертності населення, особливо в сільській місцевості.

Розширення видобутку корисних копалин відкритим способом привело до появи в складі земельного фонду 226 тис. га порушених земель при зовсім недостатніх темпах рекультивації. Дуже гостро стоїть проблема утилізації токсичних відходів. У більшості промислових міст відсутні полігони для їх захоронення. В цілому по Україні тільки від гірничовидобувних підприємств залишається в надрах, викидається на поверхню, складається, забруднюючи все навколо, біля 70 % розвіданих запасів нафти, до 40 % вугілля, 25 % металів. З відвалів в Україні використовується лише 3 % сировини (при 75 % в світовій практиці).

Під впливом неефективних гірничих робіт, нераціональної політики промислової і міської забудови, меліорації і гідротехнічного будівництва з накопиченням великих водних мас і підтопленням величезних територій майже всюди порушилась міцність верхньої зони порід, що призвело до різкої активізації небезпечних геологічних процесів. Так, кількість зсувів, які спостерігаються на Україні, за останні 20 років збільшилась в три рази і складає вже 11 тисяч, кількість великих карстових воронок досягла 3 тисяч. Якщо сейсмічність на більшості території України раніше складала 4-5 балів, подекуди до 7, то зараз вона зросла на 2, а то й на 3 бали. За ступенем геохімічної враженості 22% території України відноситься до сильної і дуже сильної.

Природа – цілісна система з множиною збалансованих зв'язків. Тому порушення цих зв'язків приводить до змін у колообігах речовин і енергій, які встановились у природі. В теперішній час в результаті великої кількості відходів промислового, сільськогосподарського і побутового походження порушуються умови, які дозволяли природі в минулому успішно справлятися з утилізацією відходів за допомогою бактерій, води, повітря, впливу сонячного світла.

До відходів належать (згідно з Класифікатором відходів України):

- 1) залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів тощо, утворені в процесі виробництва продукції або виконання робіт, які втратили цілком або частково вихідні споживчі властивості (відходи виробництва);
- 2) розкривні і супутні гірничі породи, що видобуваються у процесі розроблення родовищ корисних копалин;
- 3) залишкові продукти збагачення та інших видів первинної обробки сировини (шлам, пил, відсів тощо);
- 4)

новоутворені речовини та їх суміші, утворені в термічних, хімічних та інших процесах і які не є метою даного виробництва (шлак, зола, кубові залишки, інші тверді та пастоподібні утворення, а також рідини та аерозолі); 5) залишкові продукти сільськогосподарського виробництва (у т.ч. тваринництва), лісівництва і лісозаготівель; 6) бракована, некондиційна продукція усіх видів економічної діяльності або продукція, що забруднена небезпечними речовинами і не придатна до використання; 7) неідентифікована продукція, застосування (експлуатація) або вживання якої може спричинити непередбачені наслідки, у т.ч. мінеральні добрива, отрутохімікати, інші речовини; 8) зіпсовані (пошкоджені) і неремонтоздатні чи відпрацьовані, фізично або морально зношені вироби та матеріали, які втратили свої споживчі властивості (відходи споживання); 9) залишки продуктів харчування, побутових речей, пакувальних матеріалів тощо (побутові відходи); 10) осади очисних промислових споруд, споруд комунальних та інших служб; 11) залишки від медичного та ветеринарного обслуговування, медико-біологічної та хіміко-фармацевтичної промисловості, аптечної справи; 12) залишкові продукти усіх інших видів діяльності підприємств, установ, організацій і населення; 13) матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені чинними нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається (радіоактивні відходи).

Зазвичай під терміном тверді відходи розуміють різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями залишки, які характеризуються потенціальною споживчою цінністю (придатністю для корисного використання) і які є за своєю природою вторинними матеріальними ресурсами (ВМР), використання яких в матеріальному виробництві, як правило, потребує певних додаткових операцій з метою придання їм необхідних властивостей або фіксації цих властивостей.

Вторинні матеріальні ресурси – сукупність всіх видів відходів, які можуть бути використані в якості основної і допоміжної сировини для випуску нової продукції. Реальні ВМР – це ті, для яких створені ефективні методи і потужності для переробки і забезпечений ринок збуту. Потенціальні ВМР – всі види вторинних ресурсів, що не ввійшли в групу реальних.

Накопичення значних мас твердих відходів в багатьох галузях промисловості обумовлено існуючим рівнем технології переробки відповідної сировини і недостатністю її комплексного використання. Видалення (транспортування) відходів та їх зберігання (облаштування і утримання відвалів і шламонакопичувачів) є дорогими заходами. На металургійних виробництвах, ТЕС і вуглезбагачувальних фабриках затрати на них складають при-

близно 8-30 % вартості виробництва основної продукції. У відвали і шламосховища щорічно надходять величезні маси розкритих порід і відходів збагачення та переробки мінеральної сировини. Поряд з цим рівень операційної утилізації відходів є низьким: в господарський обіг залучається тільки 20 % шлаків кольорової металургії, 10-12% золошлакових відходів та фосфогіпсу, менше 4 % відходів вуглезбагачення, що веде до наростання маси відходів. В той же час, значна частина твердих відходів може бути ефективно використана в народному господарстві. Так, будівельна індустрія і промисловість будівельних матеріалів щорічно добувають і переробляють сотні мільйонів тон нерудної сировини, більша частина якої може бути замінена промисловими відходами. Задача утилізації останніх тим більш актуальна, що організація виробництва продукції на їх основі потребує затрат в 2-3 рази менших, ніж для відповідних виробництв на основі природної сировини, що спеціально для цього видобувається. Крім того, збільшення комплексності використання мінеральної сировини при одночасному вирішенні задач захисту навколишнього середовища сприяє скороченню споживання ряду її видів.

#### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Дайте визначення літосфери та педосфери.*
- 2. Який сучасний стан літосфери в Україні?*
- 3. Що таке відходи?*
- 4. Які відходи можуть бути віднесені до вторинних матеріальних ресурсів?*

## Лекція 2

### **Джерела виникнення та класифікація твердих відходів**

Джерела виникнення твердих відходів представлені схемою на рис.1

На сьогодні немає загальної наукової класифікації твердих відходів промисловості, яка б охоплювала все їх різноманіття за тими чи іншими принципами, що, очевидно, пояснюється широтою їх номенклатури навіть в рамках одного підприємства (до 200 видів на одному виробництві).

Існуючі класифікації твердих відходів досить різноманітні і у більшості односторонні. Так, тверді відходи класифікують за галузями промисловості (відходи металургійної, хімічної, паливної промисловості) або їх групами, за конкретними виробництвами (наприклад, відходи сірчано-кислотного, содового, фосфорно-кислотного та інших виробництв), за тонажем, ступенем використання, впливом на навколишнє середовище, здатністю до горіння, корозійним впливом на обладнання і т.п. Різноманітність видів тве-



рчих відходів, значна відмінність складу навіть однойменних відходів в значній мірі ускладнюють їх утилізацію. В той же час, різні технології рекуперації твердих відходів в своїй основі базуються на ряді методів, сукупність яких забезпечує можливість утилізації ВМР або їх переробки в цільові продукти.

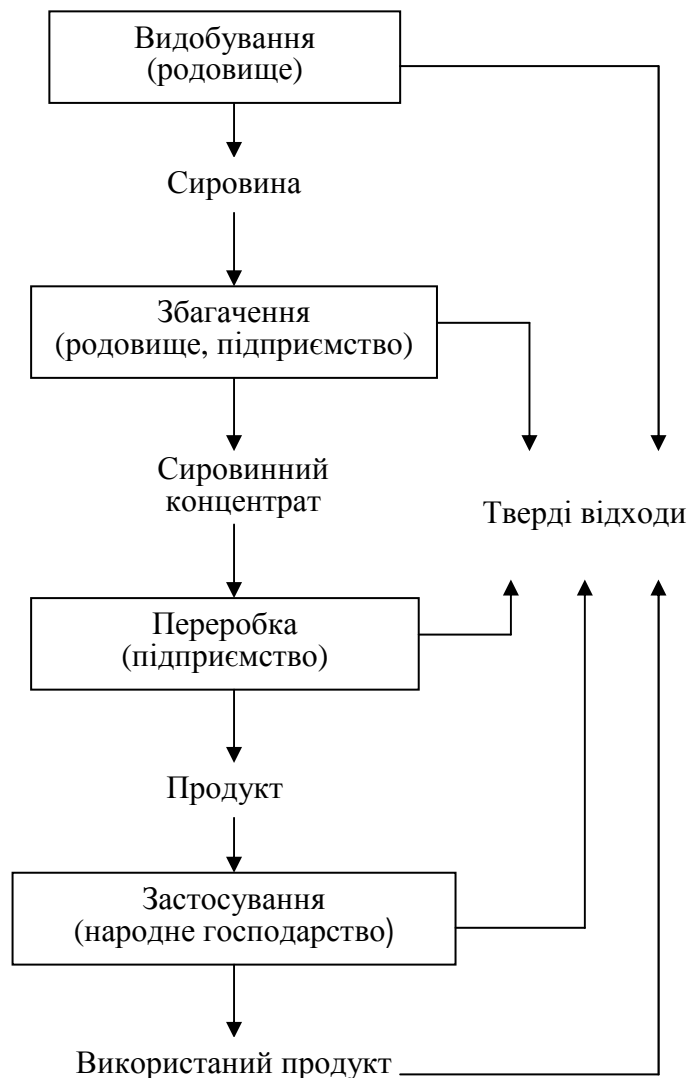


Рис.1. Джерела виникнення твердих відходів у матеріальному виробництві

Відходи поділяються на :

1) *радіоактивні* – невикористовуванні прямі і побічні радіоактивні речовини і матеріали, що утворюються при роботі ядерних реакторів, при виробництві і застосуванні радіоактивних ізотопів у інших галузях;

2) *виробничі: промислові* відходи – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворюються при виробництві продукції або виконанні робіт, і які повністю чи частково втратили вихідні споживацькі властивості; *сільськогосподарські* відходи – утворені в ході сільськогосподарського

виробництва; *будівельні* – відходи, що утворюються в процесі будівництва будинків, споруд (в тому числі шляхів та інших комунікацій) і виробництві будівельних матеріалів);

3) *побутові*: *комунальні* тверді і рідкі відходи, що не утилізуються в побуті і утворюються в результаті життєдіяльності людей і амортизації предметів побуту, та *відходи споживання* – вироби і машини, що втратили свої споживацькі властивості в результаті фізичного або морального зносу.

Відходи можуть бути токсичними і нетоксичними. *Токсичні* – відходи, здатні викликати отруєння та інші ураження живих істот.

*Тверді відходи виробництва (ТВВ)* – різноманітні за складом та фізико-хімічними властивостями залишки, що характеризуються потенційною споживацькою цінністю (тобто можливістю для застосування) і можуть бути вторинними матеріальними ресурсами (ВМР). Використання ВМР в матеріальному виробництві, як правило, потребує додаткових операцій з метою надання їм необхідних властивостей або чіткої фіксації цих властивостей. Існуючі класифікації ТВВ різноманітні та у більшості однобічні. ТВВ класифікують за галузями промисловості або їх групами, за конкретними виробництвами, за дією на навколишнє середовище, здатності до займання, корозійної дії на обладнання, тощо.

*Утилізація ТВВ* у більшості випадків призводить до їх розділення на компоненти або надання їм певного виду, що забезпечує можливість їх утилізації.

*Складування ТВВ* проводиться двома способами залежно від їх стану: 1) гідравлічним (для відходів, що знаходяться у насиченому водою стані - пульпі) та 2) сухим.

1) Сховища відходів представляють собою гідровідвали, хвостосховища, шламосховища, шламонакопичувачі тощо. В залежності від топографічних умов місцевості вони поділяються на балочні, пойменні, косогірні, рівнинні, котлованні. 2) Сухий спосіб складування відходів – відвали. Він залежить від виду транспорту, що використовується (автомобільний, залізничний, вагонетки).

При складуванні ТВВ застосовуються відповідні інженерні методи та технології зменшення впливу сховища навколишнє природне середовище.

### ***Контрольні запитання та завдання***

1. *Що є джерелами виникнення твердих відходів?*
2. *Наведіть класифікацію твердих відходів.*
3. *Що таке радіоактивні відходи?*

#### 4. Які відходи відносять до побутових?

### Лекція 3

## Підготовка та первинна переробка твердих відходів

Утилізація твердих відходів у більшості випадків приводить до необхідності або їх розділення на компоненти (в процесах очистки, збагачення, вилучення цінних складових) з наступною переробкою сепарованих матеріалів різними методами, або надання їм певного виду, який забезпечує саму можливість утилізації відходів. Сукупність найбільш поширених методів підготовки і переробки твердих відходів представлена на рис. 2.

*Класифікація і сортування.* Ці процеси використовують для розділення твердих відходів на фракції за крупністю. Вони включають методи грохочення (розсіювання) кусків (зерен) перероблюваного матеріалу і їх розділення під дією гравітаційно-інерційних та гравітаційно-відцентрових сил. Ці методи широко застосовують як самостійні і допоміжні при безпосередній утилізації і переробці переважної більшості твердих відходів. В тих випадках, коли класифікація має самостійне значення, тобто ставить на меті одержання тієї чи іншої фракції матеріалу як готового продукту, її називають сортуванням.

Грохочення являє собою процес розділення на класи за крупністю різних кусків (зерен) матеріалу при його переміщенні на решітках, ситах. Використовують колосникові решітки, штамповані решета, сітки з дроту і щілиноподібні, виконані з різних металів, гуми, полімерних матеріалів і які характеризуються отворами різних форм і розмірів. При грохоченні використовують нерухомі колосникові, валкові, барабанні обертові, дугові, ударні, напіввібраційні (гіраційні), вібраційні з прямолінійними вібраціями та з круговими або еліптичними вібраціями і т. п. грохоти.

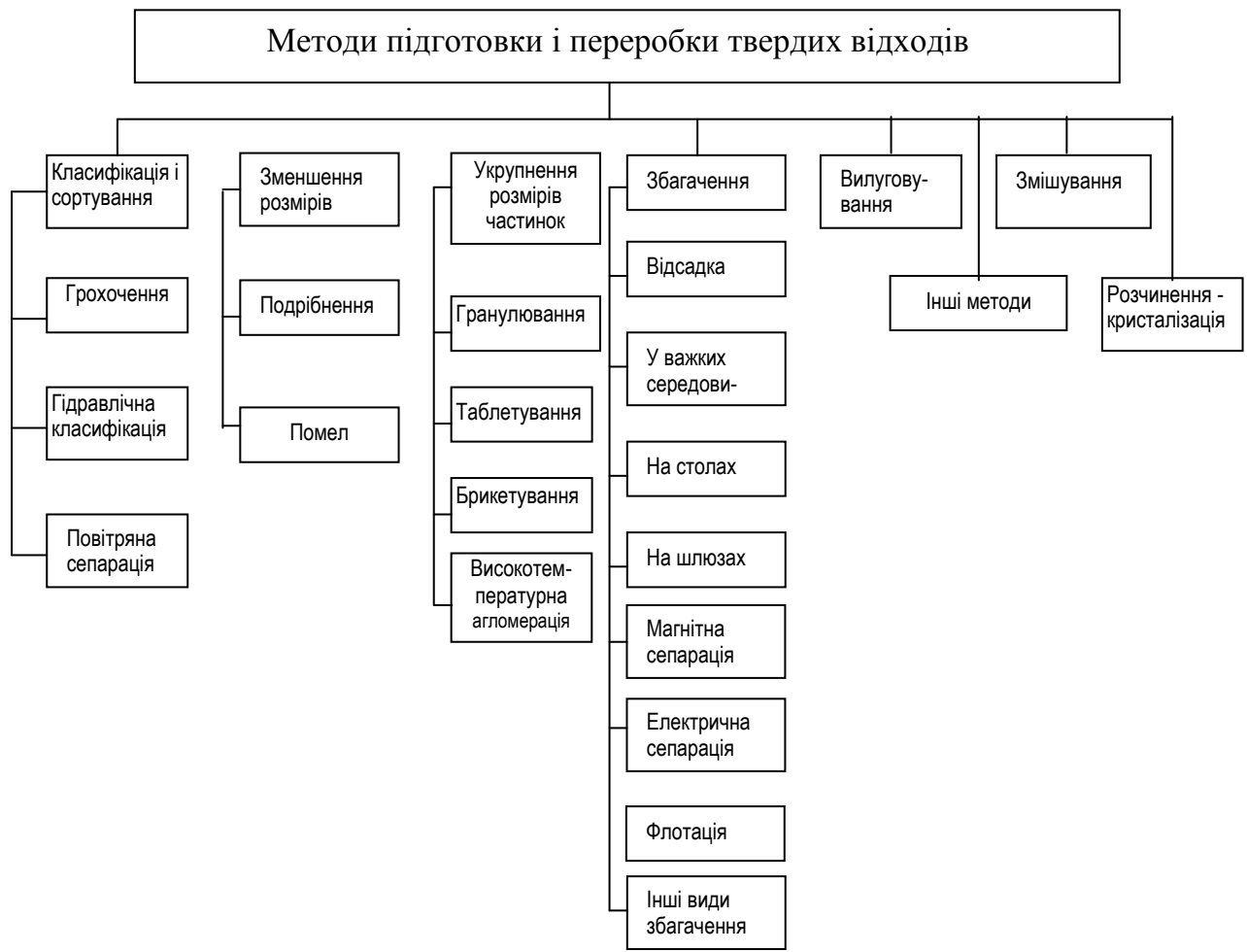


Рис. 2. Методи підготовки і переробки твердих відходів

*Зменшення розмірів кусків.* Інтенсивність і ефективність більшості хімічних, дифузійних та біохімічних процесів зростає із зменшенням розмірів кусків (зерен) перероблюваних матеріалів. В цьому зв'язку власне технологічним операціям переробки твердих відходів, як правило, передують операції зменшення розмірів їх кусків, які, поряд з операціями їх класифікації і сортування, мають важливе самостійне значення в технології рекуперації твердих відходів.

*Дроблення.* Метод дроблення використовують для одержання з крупних шматків перероблюваних матеріалів продуктів крупністю переважно 5 мм. Дроблення широко використовують при переробці відходів розкривання при відкритих розробках корисних копалин, відвальних шлаків металургійних підприємств, гумових технічних виробів, що вийшли з вжитку, відвалів галіту і фосфогіпсу, відходів деревини, деяких пластмас, будівельних та інших матеріалів. В якості основних технологічних показників розглядають ступінь і енергоємність дроблення. Для дроблення більшості видів

твердих відходів використовують щокові, конусні, валкові та роторні дробарки різних типів.. Для роздроблення великих агломератів відходів застосовують копрові механізми, механічні ножиці, дискові пили, стрічкопилінні станки і деякі інші механізми і прийоми (вибух). Вибір типу дробарки проводять з урахуванням міцності, пружності і крупності матеріалу, що підлягає переробці, а також необхідних розмірів кусків (зерен) продукту і продуктивності. Технологія дроблення може бути організована з використанням або відкритих циклів роботи дробарок, коли матеріал проходить через дробарку один раз, або замкнутих циклів з грохотом, надрешітковий продукт якого повертають в дробарку.

*Подрібнення (розмелювання).* Метод подрібнення використовують при необхідності отримання з кускових відходів зернових і дрібнодисперсних фракцій крупністю менше 5 мм. Найбільш поширеними агрегатами грубого і тонкого подрібнення, які використовують при переробці твердих відходів є стержневі, кульові і ножові млини та інші механізми (дезінтегратори, дискові і кільцеві млини, бігуни і т. п). Подрібнення деяких видів пластмас і гумових виробів проводять при низьких температурах (криогенне подрібнення). Мелючими тілами в стержневих і кульових млинах є сталеві стержні і сталеві або чавунні кулі. В млинах ножового типу подрібнення іде у вузькому (0,1-0,5 мм) зазорі між закріпленими всередині статора нерухомими ножами і ножами, закріпленими на роторі, що обертається. Барабанні стержневі і кульові млини використовують як для сухого, так і для мокрого помелу. Тип і розміри цих млинів характеризують способом евакуації продукту, внутрішнім діаметром барабана без футеровки і робочою довжиною.

*Укрупнення розмірів частинок ("окускування").* Поряд з методами зменшення розмірів кускових матеріалів та їх розділення на класи крупності в практиці рекупераційних технологій твердих відходів велике поширення мають методи, пов'язані з укрупненням дрібнодисперсних частинок ВМР, які мають як самостійне, так і допоміжне значення і які об'єднують різні прийоми гранулювання, таблетування, брикетування і високотемпературної агломерації. Їх використовують при переробці в будівельні матеріали ряду компонентів відвальних порід видобутку багатьох корисних копалин, хвостів збагачення вугілля і золи ТЕС, при підготовці до переплаву дисперсних відходів чорних і кольорових металів, в процесах утилізації пластмас, сажі, пилу, при обробці шлакових розплавів і т. п.

*Гранулювання.* Методи гранулювання охоплюють велику групу процесів формування агрегатів звичайно кулеподібної або (рідше) циліндричної форми з порошків, паст, розплавів або розчинів перероблених матеріалів. Гранулювання порошкоподібних матеріалів *окатуванням* проводять в ротатійних (барабанних, тарілкових, відцентрових, лопасних) і вібраційних грануляторах різної конструкції.

Гранулювання порошків *пресуванням* і *таблетуванням* характеризується проміжною стадією пружнопластичного стиснення (пластикації) їх частинок під дією тиску і нагрівання з утворенням коагуляційної структури, яка здатна до швидкого переходу в кристалізаційну. Пресове гранулювання проводять у валкових і таблетувальних машинах різної конструкції, черв'ячних і стрічкових пресах, дискових екструдерах з отриманням агрегатів різної форми і розмірів. Окрему групу грануляторів представляють апарати гранулювання порошків в *дисперсних потоках*. Процес в них заснований на зіткненні частинок порошку або порошку і рідкої фази в турбулізованому потоці циркулюючого в апараті або такого, що через нього повітря чи газу. До цієї групи процесів гранулювання можуть бути віднесені також різні процеси *розпилювальної сушки* суспензій і розчинів.

*Брикетування.* Методи брикетування знаходять широке застосування в практиці утилізації твердих відходів в якості підготовчих (з метою придання відходам компактності, яка забезпечує кращі умови транспортування, зберігання, а іноді і саму можливість переробки) і самостійних (виготовлення товарних продуктів) операцій. Брикетування дисперсних матеріалів проводять без зв'язуючих добавок при тисках більше 80 МПа і з додаванням таких при тисках в межах 15-25 МПа. На процес брикетування суттєво впливають склад, вологість і крупність матеріалу, температура, питомий тиск і тривалість пресування.

*Високотемпературна агломерація.* Цей метод використовують при переробці пилу, окалини, шламів і дрібної рудної сировини в металургійних виробництвах, піритних огарків та інших відходів, що містять залізо. Для проведення агломерації на основі таких відходів готують шихту, яка включає тверде паливо (відходи коксу 6-7 % по масі) та інші компоненти (концентрат, руда, флюси). Усереднену і зволожену шихту розміщують у вигляді шару визначеної висоти, яка забезпечує оптимальну газопроникність, на решітках рухомих випалювальних візків агломераційної машини. Нагрівання і загорання шихти здійснюють продуванням через її шар продуктів горіння газоподібного чи рідкого палива і повітря. Процес спікання міне-

ральних компонентів шихти іде при горінні її твердого палива при 1100-1600<sup>0</sup>С. Спечений агломерат дроблять до крупності 100-150 мм у валкових зубчастих дробарках, продукт дроблення пропускають через грохот і охолоджують.

*Термічна обробка.* При утилізації і переробці твердих відходів використовують різні методи термічної обробки як вихідних твердих матеріалів, так і одержуваних на їх основі продуктів. Ці методи включають різні прийоми піролізу (відходи пластмас, деревини, гумових технічних виробів, шламів нафтопереробки), переплаву (відвальні металургійні шлаки, відходи термопластів, металобрухту), обпалювання (деякі шлаки кольорової металургії, піритні огарки) та вогневого знешкодження (спалювання) багатьох видів твердих відходів на органічній основі.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які методи підготовки твердих виробничих відходів ви знаєте?*
- 2. Які апарати (механізми) застосовують при подрібненні відходів?*
- 3. Які способи укрупнення розмірів частинок ви знаєте?*
- 4. Для чого застосовується високотемпературна агломерація?*
- 5. Які методи термічної обробки ви знаєте?*

## Лекція 4

### **Збагачення перероблюваних матеріалів**

В практиці рекуперації твердих промислових відходів (особливо мінеральних, що містять чорні і кольорові метали, фрагментів деталей радіоелектронної апаратури, що вийшла з ладу, та інших виробів на основі металів і сплавів, деякої паливної золи, сумішей пластмас, шлаків кольорової металургії і ряду інших ВМР) використовують різні методи збагачення перероблюваних матеріалів, які поділяють на гравітаційні, магнітні, електричні, флотаційні і спеціальні.

*Гравітаційні методи збагачення* засновані на різниці в швидкості падіння в рідкому або повітряному середовищі частинок різного розміру і густини. Вони об'єднують методи збагачення: - відсадкою; - в важких суспензіях; - в потоках, що переміщуються на похилій поверхні; - промивку.

*Відсадка* - це процес розділення мінеральних зерен по густині під дією змінних за напрямком вертикальних струменів води або повітря, що проходять через решето відсадочної машини.

*Збагачення в важких суспензіях і рідинах* - це розділення матеріалів по густині в гравітаційному або відцентровому полі в суспензії або рідині, густина якої є проміжною між густинами частинок, що розділяються.

*Збагачення в потоках, що переміщуються на похилій поверхні.* Ці процеси включають збагачення на концентраційних столах, а також в струменевих сепараторах, шлюзах, підшлюзах, у гвинтових сепараторах і шлюзах.

*Промивка.* Використовується для руйнування і видалення піщаних, глинистих та інших мінеральних, а також органічних домішок твердих відходів (на промивальних машинах).

*Флотація.* Застосовується при переробці шлаків, металургійних шлаків, рудних і нерудних компонентів відвалів і т.і. Крупність матеріалів, що флотуються, - не більше 0,5 мм. Найбільш часто використовується пінна флотація з застосуванням механічних і пневмомеханічних машин.

*Магнітна сепарація.* Використовується для відділення парамагнітних (слабомагнітних) і феромагнітних (сильно магнітних - речовин з питомою магнітною сприйнятливістю вище  $10^{-7}$  м<sup>3</sup>/кг)) компонентів сумішей твердих матеріалів від немагнітних.

Багато процесів утилізації твердих відходів в промисловості засновані на використанні фізико-хімічних методів відділення компонентів за участю рідкої фази: вилуговування (екстрагування), розчинення і кристалізації перероблюваних матеріалів.

*Вилуговування (екстрагування).* Цей метод широко застосовується в практиці переробки відвалів гірничодобувної промисловості, деяких металургійних і паливних шлаків, піритних огарків і багатьох інших ВМР. Метод заснований на вилученні одного чи кількох компонентів з комплексного твердого матеріалу шляхом його (їх) вибіркового розчинення в рідині-екстрагенті. В залежності від характеру фізико-хімічних процесів, що протікають при вилуговуванні, розрізняють просте розчинення (цільовий компонент вилучається в розчин в складі присутньої у вихідному матеріалі сполуки) і вилуговування з хімічною реакцією (цільовий компонент, що знаходиться у вихідному матеріалі в складі малорозчинної сполуки, переходить в розчинну форму). При виборі екстрагента (розчинника) до нього пред'являють ряд вимог у відношенні селективності, величини коефіцієнтів розподілення і дифузії, густини, корозійної активності, токсичності та інших показників. На процес вилуговування суттєвий вплив мають такі параметри як концентрація екстрагента, розмір і пористість зерен оброблю-



ваного матеріалу, гідродинаміка, температура, накладення різних силових полів (ультразвукових, постійних електричних, електромагнітних, високо-частотних, відцентрових та інших) і в деяких випадках присутність різних мікроорганізмів (бактеріальне вилуговування). Процеси екстракції можуть бути періодичними і неперервними. Періодичні процеси проводять настоюванням (обробка залитого екстрагентом матеріалу протягом певного часу з наступним зливанням екстрагента і заміна його свіжим) або витісненням – перколяцією (екстракт, що утворюється, неперервно витісняється з шару матеріалу чистим розчинником). Більш прогресивне неперервне екстрагування проводять шляхом багатоступінчастого контакту прямотечійним, протитечійним і комбінованими способами. При розрахунку продуктивності реактора вилуговування будь-якого типу виходять із заданого ступеня вилучення або залишкового вмісту цільового компонента в твердому матеріалі, визначаючи необхідний час вилуговування по кінетичній кривій.

*Кристалізація.* Виділення твердої фази у вигляді кристалів з насичених розчинів, розплавів чи парів має широке поширення при переробці різних відходів. Для оцінки поведінки розчинів при їх кристалізації і раціонального вибору способу проведення цього процесу використовують діаграми стану розчинів, які виражають залежність розчинності відповідних солей від температури. Швидкість процесу кристалізації залежить від багатьох факторів (ступеню пересичення розчину, температури, інтенсивності перемішування, наявності домішок та ін.) і змінюється в часі, проходячи через максимум. Створення необхідного для кристалізації пересичення розчину забезпечують двома основними прийомами – охолодженням гарячих насичених розчинів (ізогідрична кристалізація) і видалення частини розчинника шляхом випарювання (ізотермічна кристалізація) або їх комбінацією (вакуум-кристалізація, фракціонована кристалізація). Поряд з цим в практиці кристалізації з розчинів іноді використовують кристалізацію висолуванням (введення в розчин речовин, що знижують розчинність солі), виморожуванням (охолодження розчинів до від'ємних температур з виділенням кристалів солі або її концентрування видаленням частини розчинника у вигляді льоду) або за рахунок хімічної реакції, яка забезпечує пересиченість розчину, а також високотемпературну (автоклавну) кристалізацію, яка забезпечує одержання кристалогідратів з мінімальним вмістом кристалізаційної вологи.

Крім описаних вище методів в технології переробки твердих відходів у ряді випадків використовують і інші, пов'язані з операціями обробки пульп

(згущення, фільтрування), а також із специфічними прийомами обробки як самих відходів, так і синтезованих з них матеріалів (ущільнення, обезпилювання, осклування, вальцювання, опудрювання, каландрування та інші).

*Змішування.* Цей метод використовують в практиці переробки твердих відходів для усереднення складу дисперсних відходів, приготування на їх основі багатокомпонентних сумішей шихтових матеріалів і одержання різних мас, що забезпечують можливість переробки ВМР в товарні продукти.

Існуючі змішувальні механізми періодичної і неперервної дії засновані на використанні механічних, гравітаційних і пневматичних способів взаємного переміщення частинок оброблюваних матеріалів.

Серед змішувачів періодичної дії найбільш поширеними є барабанні, бігункові, пневматичні, циркуляційні і черв'ячно-лопатні. До змішувачів неперервної дії відносяться барабанні, вібраційні, гравітаційні, лопатні, відцентрові і черв'ячно-лопатні. Процеси змішування характеризують ступенем однорідності (коефіцієнтом неоднорідності), інтенсивністю і ефективністю.

#### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які методи збагачення перероблюваних матеріалів ви знаєте?*
- 2. Що таке гравітаційні методи збагачення і де вони застосовуються?*
- 3. Охарактеризуйте методи вилуговування (екстракції).*
- 4. Від яких факторів (параметрів процесу) залежить вибір способу кристалізації?*
- 5. Які змішувальні механізми ви знаєте?*

## ***Тема 2. Переробка відходів виробництв неорганічних речовин***

В хімічній промисловості важкого неорганічного синтезу найбільша кількість твердих відходів утворюється у таких галузях, як виробництва сірчаної кислоти, мінеральних добрив та кальцинованої соди. Пропорційно зростанню випуску продукції цих виробництв зростає кількість твердих відходів, масштаби утворення яких вимірюються десятками млн. тон в рік.

### Лекція 5

#### **Переробка відходів виробництва сірчаної кислоти**

Основну кількість сірчаної кислоти виробляють контактним методом з  $\text{SO}_2$ , який одержують шляхом обпалювання сірчаного колчедану, спалювання природної або газової сірки, а також при обпалюванні сульфідів кольорових металів на базі кольорової металургії.

Сировиною для вироблення сірчаної кислоти є сірчаний колчедан, який містить 53,5% сірки і 46,5% заліза. Оксид заліза, що утворюється при обпалюванні колчедану в печах різної конструкції, виходить з печі у вигляді огарка і поступає у відвал. Піритні огарки складаються головним чином із заліза (40-63 %) з невеликими домішками сірки (1-2 %), міді (0,33-0,47 %), цинку (0,42-1,35 %), свинцю (0,32-0,58 %), дорогоцінних (10-20 г/т) та інших металів. Сірчистий газ, що виходить з печі, забруднений огарковим пилом та іншими домішками. Хімічний склад пилу практично не відрізняється від складу огарка. Об'єми огаркових газів складають сотні тисяч кубометрів за добу. Перед переробкою в сірчану кислоту ці гази очищають в циклонах і сухих огаркових фільтрах. Таким чином, твердими відходами виробництва  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з сірчаного колчедану є піритні огарки, пил циклонів і сухих електрофільтрів, шлами промивних башт і шлами мокрих електрофільтрів. Оскільки сировиною для одержання сірчаної кислоти поряд з сірчаним колчеданом, який спеціально добувається для цього, є відходи, що утворюються при збагаченні сульфідних руд флотаційним методом, та відходи, що утворюються при збагаченні кам'яного вугілля, то розрізняють три види піритних огарків (огарки з колчеданів, огарки з флотаційних хвостів збагачення сульфідних руд, вуглисті огарки), які значно відрізняються як за хімічним складом, так і за фізичними характеристиками. Огарки перших двох типів відрізняються значним вмістом міді, цинку, золота, срібла та інших металів. Утилізація піритних огарків можлива за кількома напрямками: вилучення кольорових і чорних металів, у виробництві цементу і скла, у сільському господарстві.

Для вилучення цінних компонентів з огарків використовують різні методи обпалення (хлоруючий, сульфатизований та інші). Якщо колчедан вміщує хоча б 0,6 % міді, то огарки має сенс переробляти з метою її вилучення, при цьому застосовується метод хлоруючого випалення (вилучається 85-90%). Вартість вилученої міді покриває усі вкладення на технологію. Описаний метод має на меті ще й підготовку огарків для одержання на їх основі чавуна і сталі.

Дещо відрізняється технологічний процес за яким піритний огарок висушують, розмелюють та класифікують з виділенням фракції – 0,5 мм, а потім піддають частковому відновленню до магнетиту. З метою одержання якісної сировини для доменного плавлення з бідних огарків піритів (35-39% Fe) можна проводити багатостадійне магнітне збагачення до 66,0% Fe.

З огарків та огаркового пилу сухих електрофільтрів одержують такі мінеральні пігменти: залізний сурик, мумію, вохру. Технологія їх виготовлення може бути різною. Для одержання пігментів типу мумії та залізного сурику огарок при нагріванні обробляють концентрованою сірчаною кислотою. Одержаний сульфат заліза змішують з крейдою, алебастром та глиною і обпалюють у печі. Залежно від температури обпалення та обраних домішок одержують пігменти різних відтінків.

Огарковий пил відрізняється від огарків трохи більшим вмістом водорозчинних солей заліза. Його використовують як сировину для одержання пігменту типу жовтої вохри. Нерозчинний залишок, який в здебільшого складається з оксиду заліза, слугує сировиною для виготовлення пігментів типу мумії. Одержані мінеральні пігменти – стабільні за кольорами та незмінні у часі.

Найбільшу кількість піритних огарків застосовують у промисловості будівельних матеріалів, де їх використовують у якості домішок до шихти при одержанні цементу. У сільському господарстві їх використовують в якості добрив, що вміщують мідь та для одержання інсектицидів. Їх також можна застосовувати у кольоровій металургії у якості залізозвміщуючих флюсів.

*Вилучення селену з шлаків.* У колчеданах вміщується 0,002–0,02% селену, який є хімічним аналогом сірки. Тому, при обпалюванні колчедану, окрім SO<sub>2</sub>, утворюється SeO<sub>2</sub>. Оскільки у природі селен зустрічається у дуже малих концентраціях (від десятитисячних до тисячних долів проценту) у вигляді супутніх сульфідів металів (Fe, Cu, Zn), то відходи сірчано-кислого виробництва є одним з основних джерел одержання селену.

Основна частина селену виділяється зі шламами у промивних баштах та мокрих електрофільтрах системи випалювальних. При очищенні випалювального газу  $\text{SeO}_2$  поглинається туманом та краплями зрошувальної сірчаної кислоти. Його розчинність у сірчаній кислоті висока і збільшується з підвищенням температури.  $\text{SO}_2$ , що розчиняється у сірчаній кислоті, відновлює  $\text{SeO}_2$ . Одночасно проходять процеси утворення політіоселенових кислот та селенистої кислот. Ці кислоти за температури більше  $70^\circ\text{C}$  розкладаються на сірчану кислоту, окис сірки та селен. Відновлення  $\text{SeO}_2$  найбільш повно проходить у розбавлених кислотах. Утворений металічний селен осаджується разом з частинками пилу з кислоти промивних башт в відстійниках, збирачах та холодильниках кислоти у вигляді шламу, який називають бідним. Такий шлам вміщує до 5% селену. На деяких заводах для виділення селену зі шламом передбачено фільтрування кислоти першої промивної башти. Друга частина металевого селену осаджується разом з сірчаноокислим туманом  $\text{Se}$  та залишками пилу у мокрих електрофільтрах. Завдяки невеликому вмісту пилу осад вміщує багато селену (до 50%) та називається багатим шламом. Весь селен, що осаджується в процесі очищення газу, приблизно порівну розподіляється між бідним та багатим шламом. Баланс селену для контактного методу сірчаноокислого виробництва подано на рис. 3.

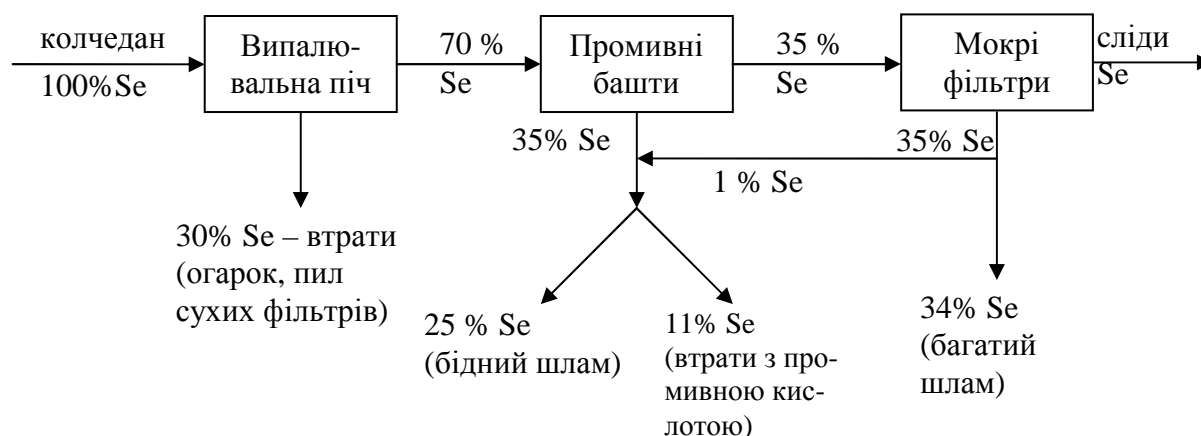


Рис. 3 Баланс селену для контактного цеху

**Контрольні запитання та завдання:**

1. Які тверді відходи утворюються при виробництві сірчаної кислоти?
2. Які відходи виробництва сірчаної кислоти є вторинними матеріальними ресурсами для виробництва селену?
3. Як можна переробити відходи сірчаного виробництва та використати їх у будівельній промисловості?

## Лекція 6

### Переробка відходів виробництва фосфорних добрив

Основною сировиною для виробництва фосфорних мінеральних добрив є фосфорити та апатити. Найбільш важливі апатитові і фосфоритні руди, які містять мінерали апатитової групи з загальною формулою  $3M_3(PO_4)_2 \cdot CaX_2$  (де М – іони кальцію, натрію, стронцію та інших елементів, а Х – іони фтору, хлору і група  $OH^-$ ). Крім апатиту фосфатні руди містять мінерали-домішки.

В залежності від складу руд і ряду інших факторів застосовують різні методи хімічної переробки природних фосфатів, причому руду спочатку розмелюють і піддають збагаченню різними способами. Процеси збагачення супроводжуються утворенням великої кількості твердих відходів у вигляді хвостів і пилу, який виноситься з повітрям аспіраційних систем і з газами сушильних установок.

Концентрати фосфатної сировини переробляють хімічним шляхом двома групами методів. До першої групи відносяться пряма кислотна або термічна переробка сировини з безпосереднім одержанням готових продуктів: суперфосфатів, обезфторених фосфатів та ін. Друга група – це розкладення фосфатів з одержанням термічної і екстракційної фосфорних кислот, які служать для виробництва різних хімічних продуктів, в т.ч. і мінеральних добрив.

При прямій сірчаноокислій обробці фосфатів одержують простий суперфосфат, який являє собою низько концентроване фосфорне добриво, у якому вміст  $P_2O_5$  не перевищує 20%.

*Відходи виробництва екстракційної фосфорної кислоти.* Як твердий відхід виробництва фосфорної кислоти сірчаноокислотним способом утворюється фосфогіпс – сульфат кальцію з домішками фосфатів.

На одну тону вироблених добрив одержують від 36 до 6,2 т фосфогіпсу у перерахунку на суху речовину (7,5-8,4 т у перерахунку на дегідрат). Відходи представляють собою мілко кристалічний комкуватий вологий порошок (вологістю до 25-40 %, залежно від технології, яка застосовується).

Основну масу фосфогіпсу сьогодні скидають у відвали. Транспортування фосфогіпсу у відвали і його зберігання пов'язані з великими капітальними і експлуатаційними затратами, які досягають 40% вартості спорудження і експлуатації основного виробництва. В цьому зв'язку вже давно виникла і продовжує загострюватись необхідність використання цього відходу. Утилізація фосфогіпсу можлива в цементній промисловості (в якості мінералізатора при обпалюванні і добавки до цементного клінкера), для

хімічної меліорації солонцюватих ґрунтів, для одержання сульфату амонію, сірчаної кислоти, елементарної сірки, гіпсових в'язучих матеріалів.

*Комплексне використання фосфатної сировини.* Вище зазначалось утворення великих мас відходів в процесах збагачення фосфатних руд. Наприклад, на 1 т апатитового концентрату одержують 0,6-0,7 т нефелінового концентрату.

Одним з важливих шляхів утилізації таких відходів є їх комплексна переробка у відповідності з технологією, яка забезпечує одержання ряду цінних і дефіцитних продуктів: соди, поташу, цементу, глинозему.

Схема переробки карбонатного щолоку з нефеліну представлена на рис.4.

За такою технологією нефеліновий концентрат в порошкоподібному стані спікають з вапняком чи крейдою. При наступному вилуговуванні водою алюмінати натрію і калію, що утворились, переходять в розчин. Потім водну пульпу піддають фільтруванню від нерозчинних силікатів кальцію, які направляють в цементне виробництво, а фільтрат направляють на карбонізацію газами печі спікання. Для отримання глинозему осад  $Al(OH)_3$  відфільтровують і піддають кальцинації.

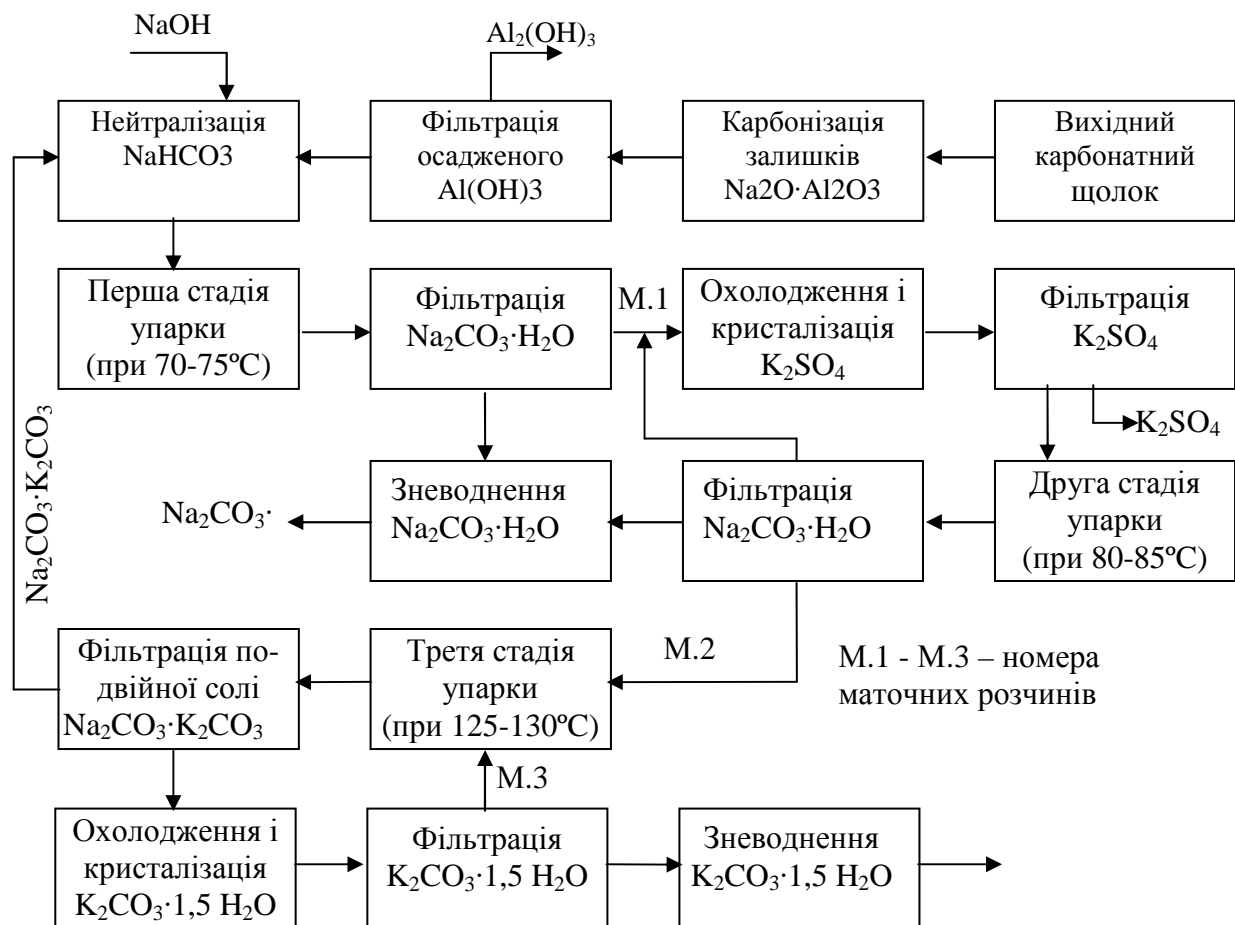


Рис. 4. Схема переробки карбонатного щолоку з нефеліну

Значний інтерес представляє розробка процесів спільної переробки нефеліну і фосфогіпсу. В такому випадку поряд з одержанням глинозему, цементу, соди і поташу виділяють  $\text{SO}_2$  з подальшим використанням його для одержання сірчаної кислоти або сірки.

***Контрольні запитання та завдання:***

- 1. Які методи переробки фосфатних руд ви знаєте?*
- 2. Що таке фосфогіпс і як його можна використовувати?*
- 3. Які відходи виробництва фосфорних добрив вам відомі?*
- 4. Поводження з відходами виробництва фосфатних добрив.*

Лекція 7

**Переробка відходів виробництва калійних добрив  
та кальцинованої соди**

Більше 90 % калійних солей, які видобувають з надр і які переробляють заводськими методами, використовують як мінеральні добрива.

Основне калійне добриво – це хлорид калію. Сировиною для виробництва калійних добрив є сильвініт – суміш сильвіту  $\text{KCl}$  і галіту  $\text{NaCl}$ , що містить, як домішки, нерозчинні речовини. При збагаченні і переробці сировини в калійній промисловості щорічно утворюються мільйони тонн твердих галітових відходів і сотні тисяч тонн глинисто-сольових шламів. Рациональне використання галітових відходів є актуальною і, поки що, невирішеною задачею.

Ведуться роботи, направлені на виключення зберігання сольових відходів на земній поверхні. До них відносяться удосконалення технології гірничих робіт, пов'язане із скороченням виїмки із шахт галіту і пустої породи (селективний видобуток калійних руд), а також розробка заходів по поверненню відходів флотації у відпрацьовані пласти рудників. На калійних виробництвах освоюються методи комплексного використання калійної сировини – одержання методами галургії і механічної обробки, поряд з калійними добривами, розсолів для содового виробництва, сировини для харчової, кормової і технічної солі, сульфату натрію, сировини для виробництва магнію та деяких інших продуктів. Також проводяться промислові випробування підземного скидання розсолів для заводнення нафтових пла-



стів, а також у відпрацьовані газоносні пласти і підсольові горизонти в районах калійних виробництв з використанням існуючих свердловин.

*Відходи виробництв кальцинованої соди* При виробництві кальцинованої соди аміачним методом на 1 т продукції в якості основного відходу утворюється 8-12 м<sup>3</sup> дистилерної рідини, яка містить 200-250 кг/м<sup>3</sup> сухого залишку. Складування цих відходів організовують в спеціальних шламонакопичувачах (білих морях), які займають великі площі в районах розташування содових заводів. При зберіганні відходів у шламонакопичувачах з часом відбувається їх поступове зневоднення. Твердий залишок дистилерної рідини містить 56-75 % CaCO<sub>3</sub>, 5-16 % Ca(OH)<sub>2</sub>, 1-7 % CaSO<sub>4</sub>, до 10 % CaCl<sub>2</sub>, 5-15 % SiO<sub>2</sub> та інші компоненти. Таким чином, твердий залишок включає ряд оксидів, що представляють собою частини сполук силікатних систем, які мають в'язучі властивості, що вказує на принципову можливість одержання в'язучих матеріалів на основі цих відходів.

Розроблені різні варіанти технології в'язучих матеріалів на основі дистилерних шламів содових виробництв. Отриманий при цьому продукт являє собою безклінкерний в'язучий матеріал. На основі такого в'язучого матеріалу можлива організація виробництва керамічної цегли і бетону. Поряд з цим, такий в'язучий матеріал можна використовувати для заміни цементу при приготуванні тампонажних матеріалів, для виробництва асфальтобетонів.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які відходи утворюються при виробництві калійних добрив?*
- 2. Які способи поводження з відходами виробництва калійних добрив ви знаєте?*
- 3. Які матеріали отримують на основі шламів содових виробництв?*

### ***Тема 3. Переробка відходів виробництва органічних продуктів та виробів на їх основі***

До основної сировини виробництва органічних продуктів відносяться різні види горючих копалин та деревини. Найбільша кількість твердофазних відходів створюється у технологічних процесах нафтопереробки, коксохімії, нафтохімії, нафтохімічного та органічного синтезу, виробництві гумових технічних виробів, пластмас та інших полімерних матеріалів. Окрім того, велику кількість складають відходи використання окремих продуктів названих виробництв.

## Поводження з відходами нафтопереробки, нафтохімії та газифікації палив

В нафтопереробній і нафтохімічній промисловості одним з основних твердофазних відходів є кислі гудрони, що утворюються в процесах сірчано-ніокислотної очистки ряду нафтопродуктів (олив, парафінів, гасо-газойлевих фракцій та ін.) та при виробництві сульфонатних присадок, синтетичних миючих засобів, флотореагентів.

Кислі гудрони являють собою смолоподібні високов'язкі маси різного ступеня рухливості, які містять сірчану кислоту, воду і різні органічні речовини. Вміст органічних речовин в них знаходиться в межах від 10 до 93%. За вмістом основних речовин кислі гудрони поділяють на два види: з великим вмістом кислоти ( $\geq 50\%$  моногідрату) і з високим вмістом органічної маси ( $\geq 50\%$ ). Їх можна переробляти у сульфат амонію, використовувати як паливо (безпосередньо, або після відмивки кислоти, яка вміщуються в них) чи як реагент для очистки нафтопродуктів. Але складність технології сульфату амонію на базі кислих гудронів і необхідність великих витрат на очистку відходящих газів є суттєвими перешкодами для широкої промислової реалізації цих процесів. Більш перспективною є переробка кислих гудронів з метою одержання діоксиду сірки, високосірнистих коксів, бітумів .

Органічна частина кислих гудронів включає різні сірчані сполуки, смоли, тверді асфальтоподібні речовини – асфальтони, карбони та інші компоненти, що дозволяє перероблювати їх у бітуми, які широко використовуються у якості шляхо-будівельних матеріалів.

Тверді домішки, які присутні як у матеріалах, що перероблюються, так і у допоміжних матеріалах на заводах нафтопереробки та нафтохімії, призводять до утворення нафтових шламів (в середньому 7 кг на 1 т нафти). Це важкі нафтові залишки, що вміщують 10-56% нафтопродуктів, 30-85% – води та 1,3-46% твердих домішок. При зберіганні у шламо-накопичувачах (ангарах) вони розшаровуються: верхній шар – водна емульсія, середній – забруднена нафтопродуктами та завислими частинками вода, нижній шар – тверда фаза просякнута нафтопродуктами.

Використання нафтових шламів можливо за такими напрямками:

– повернення у виробничий процес з метою подальшої переробки та використання їх як палива (при попередньому зневодненні); – одержання паливного газу ( газифікація); – виготовлення наповнювача і для підсіпки при

нівелюванні поверхонь (шляхобудування) та будівництві (додають 5-50% вапна); – як паливо у печах різної конструкції.

#### *Відходи газифікації палив*

Великі маси твердих відходів утворюються в коксохімічній, сланце- і торфопереробній промисловості, а також в ряді виробництв хімічної промисловості, пов'язаних з газифікацією палива. Крім мінеральних і вугільно-мінеральних відходів в цих виробництвах утворюються значні кількості в'язких відходів, які містять органічні маси: так звані фуси (осмолена тверда фаза процесів термічної переробки палив), гудрони та ін. Основну масу фусів не використовують і відправляють у відвали. Основними напрямками утилізації фусів є їх часткове повернення в газогенератори з метою додаткової переробки разом з вихідним паливом, додавання з тією ж метою в шихту для коксування, спалювання разом з твердим паливом на ТЕЦ, вилучення з фусів смоли.

В системах очистки генераторних газів газогенераторних станцій, які працюють на бурому вугіллі і торфі, утворюються значні кількості сильно забруднених і обводнених смол. Такі відходи можна із значним економічним ефектом повертати на повторну газифікацію в газогенератори. При цьому легка, найбільш цінна частина смоли возгоняється, що покращує якість смоли, яка уловлюється у конденсаційній апаратурі газоочистки. При взаємодії смолистих продуктів коксового газу з сірчаною кислотою в процесі одержання сульфату амонію в якості відходу утворюється кислий гудрон. Кислі смолисті відходи у вигляді густих темних мас утворюються при очистці сирого бензолу або його фракцій від сірчистих і ненасичених вуглеводнів концентрованою сірчаною кислотою в бензольно-ректифікаційних відділеннях коксохімічних і сланцепереробних виробництв.

Використання гудронів можливе за кількома напрямками: в якості добавок (після нейтралізації) до шихти для коксування (газифікації), для виробництва в'язучих матеріалів (бітумів) різних марок, одержання  $SO_2$  з наступною переробкою в сірчану кислоту. Кубові залишки ректифікації сирого бензолу можуть бути використані як компонент дорожніх гудронів, для одержання сажі та стирольно-інденових смол.

#### ***Контрольні запитання та завдання***

1. Які тверді відходи утворюються на виробництвах з нафтопереробки та нафтохімії (перелічити)?

2. Перерахувати основні напрямки утилізації відходів нафтопереробки та нафтохімії.

3. Відходами яких виробництв можуть бути кислі гудрони і як їх можна застосовувати?

4. Звідки беруться обводнені смоли і як їх можна утилізувати?

## Лекція 9

### **Переробка відходів виробництв матеріалів на основі гуми і виробництв пластичних мас та виробів на їх основі**

Найбільш значними за масштабами утворення твердими відходами промисловості гумових технічних виробів є невулканізовані і вулканізовані гумові і гумовотканинні матеріали, які утворюються на стадіях приготування гумових сумішей і заготовок, вулканізації і обробки готових виробів. Найбільш цінними компонентами відходів є каучуки і тканини. Аналогічними за складом є зношені пневмошини (покришки) і різні гумові технічні вироби (транспортні стрічки, рукава та ін.). Повністю зношені автопокришки, які втратили в процесі експлуатації 15-20% початкової маси, містять до 75% витрачених на їх виробництво каучуку та інших цінних інгредієнтів, які можуть бути повернені на переробку.

Вироби з вулканізованої пружної і еластичної гуми, які втратили свою споживчу цінність, оброблюють з одержанням пластичного продукту – регенерату, придатного для використання в сировинних гумових сумішах виробництв гумових технічних виробів. Перед регенерацією гумові відходи повинні пройти певну підготовку, яка полягає в подрібненні гуми в крихту, відокремленні від неї текстильної тканини і змішуванні крихти з добавками-пом'якшувачами і активаторами процесу девулканізації, які сприяють переходу гуми в пластичний стан. Відома велика кількість методів одержання регенерату. Найбільш поширені паровий, водонейтральний і термохімічний методи.

Металовмісні відходи регенератних виробництв (наприклад, бортові кільця автопокришок) можуть бути використані в чорній металургії. З текстильних відходів виготовляють плити для теплозвукоізоляції, набивку для меблів. Іншим напрямом переробки гумових відходів є їх розмелювання в

крихту. Для такої переробки використовують, зокрема, автопокришки великих розмірів без металевого корду. Одержувану гумову крихту перероблюють в різні будівельні матеріали (бітумно-гумові мастики для антикорозійного захисту різних споруд, гідроізоляційні і покрівельні рулонні матеріали). Також крихту використовують як компонент матеріалів для дорожніх покриттів, для виготовлення хімічно стійкої тари та ін. В цілому, незважаючи на великі масштаби переробки гумових відходів, ресурси їх залишаються досить значними.

В значних масштабах старі автопокришки використовують для огороження транспортних магістралей і портових причалів, зміцнення берегових відкосів і т. п. Гумові відходи, які не використовують для одержання регенерату і розмелювання в крихту, можуть бути перероблені методом піролізу з одержанням різних продуктів.

Аналогічно гумовим, тверді відходи пластмас звичайно поділяють на відходи виробництва і відходи споживання. Виробництво пластмасової сировини супроводжується утворенням твердих технологічних відходів у вигляді різних злитків, брил, бракованих волокон та ін. Виробничі відходи процесів формування виробів з пластмас утворюються у вигляді ливників, бракованих виробів, обрізків та ін. Використання технологічних відходів доцільно на тих самих підприємствах, де вони утворюються, оскільки вони не потребують спеціального обладнання для переробки у виробі. Такі відходи переробляють переважно двома шляхами: 1) з метою виробництва того ж продукту, в процесі виготовлення якого утворився даний вид відходів, або продукту аналогічної рецептури; 2) для виготовлення виробів менш відповідального призначення.

Більш важливу проблему представляє знешкодження і використання відходів споживання пластмас. Особливу гостроту цій проблемі надає виключна стійкість відходів пластмас в природних умовах, що призводить до суттєвого забруднення навколишнього середовища. З відходами пластмас втрачається велика кількість органічних продуктів, повторне використання яких дозволяє скоротити споживання природної сировини (нафти і газу) і забруднення навколишнього середовища. При цьому собівартість вторинних полівінілхлориду, поліетилену, полістиролу в 2,5-6 разів нижча, ніж тих самих первинних матеріалів, собівартість вторинного капрону в 12 разів менше, ніж первинного.

Переробці відходів пластмас у виробі передують їх збирання, сортування, очистка від сторонніх домішок, ущільнення і гранулювання. Мето-

дами переробки таких відходів є подрібнення, екструзія, наповнення, деполімеризація, розчинення, хімічне модифікування. Відходи побутового вжитку пластмас виділяють із суміші з іншими побутовими відходами. Для цього використовують сукупність способів, які включають обробку відходів з використанням процесів подрібнення, грохочення, розсіву і змішування у поєднанні з різними видами сепарації (повітряної, вакуумної, магнітної, електростатичної, гідравлічної), екстракції, флотації та іншими способами. В практиці переробки відходів полімерних матеріалів використовують технології, які мають на меті або перетворення їх у вторинні продукти (вироби) без зміни хімічного складу вихідних полімерів або шляхом хімічної чи термічної деструкції, або їх ліквідацію.

*Недеструктивна утилізація.* Відходи полімерних матеріалів, розділені на окремі класи, переробляють різними способами (екструзією, литтям під тиском, каландруванням) з отриманням готових пластмасових виробів. Нерозділені на класи відходи пластмас також переробляють в готові вироби, в основному будівельні (армуючі профілі, покрівельні конструкції). При переробці термопластичних відходів часто застосовують їх модифікування.

*Деструктивна утилізація.* Для окремих видів відходів полімерів раціональними є різні типи хімічної і термічної переробки, які полягають в конверсії вихідних полімерів з утворенням сировини для їх виробництва або інших продуктів. В промислових масштабах реалізована деполімеризація капронових відходів під дією фосфорної кислоти і перегрітої пари. Перспективним напрямом переробки відходів пластмас є їх піроліз, продукти якого можуть бути сировиною для промисловості органічного синтезу або паливом.

*Ліквідація відходів.* Одним з найбільш простих способів ліквідації пластмасових відходів є спалювання. Попереднє тонке подрібнення і розпилення відходів забезпечують при достатньо високій температурі практично повне їх перетворення в  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Однак спалювання деяких видів полімерів супроводжується утворенням токсичних газів: хлориду водню, оксидів азоту, аміаку, ціаністих сполук та ін., що викликає необхідність заходів по захисту атмосферного повітря.

Самознищення відходів пластмас в природних умовах можливе під дією як окремих природних факторів (сонячного світла, мікроорганізмів, води та ін.) та їх сукупності. Так, деякі види пластмас (поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид) здатні до біодеградації, тобто можуть розкладатись

під дією бактерій, плісняви і грибків, а пластмаси, які знаходяться в землі, здатні руйнуватися ґрунтовими мікроорганізмами, які зазнали мутацій під дією випромінювання. Для ліквідації відходів з цих матеріалів достатньо їх зараження відповідною культурою бактерій.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які напрямки утилізації відходів газифікації палив ви знаєте?*
- 2. Яким чином перероблюються і де використовуються відходи гумових виробництв?*
- 3. Які особливості поводження з відходами виробництв пластмас?*

### ***Тема 4. Вплив гірничодобувної промисловості на літосферу та методи його зниження***

Існуюча технологія видобутку та збагачення корисних копалин приводить до того, що, власне, на корисні копалини припадає порівняно невелика частка загального об'єму гірничої маси, що видобувається.

Наприклад, у вугільній промисловості власне на вугілля припадає приблизно 20% загальної гірничої маси, інша маса надходить у відвали, ступінь утилізації яких не перевищує 4%. Такі відвали займають десятки тис. гектарів земель і несприятливо впливають на навколишнє середовище.

## Лекція 10

### **Переробка відходів вугільної промисловості**

Проведені дослідження, виробничі випробування та досвід роботи ряду промислових виробництв показують, що відходи видобутку та збагачення можуть бути прекрасною сировиною для виробництва пористих заповнювачів бетонів, будівельної цегли та багатьох інших будівельних і керамічних виробів. Охорона земельних ресурсів на підприємствах вугільної галузі здійснюється за такими напрямками: зменшення об'ємів породи, що видаляються шахтами у відвали; застосування породи і відходів вуглезбагачення для будівництва доріг, при відсипанні дамб, гребель та інших земельних споруд; для засипки провалів і просадок земної поверхні (при рекултивациі); у виробництві будівельних матеріалів. Обидва ці види відходів (відвали розкривання, хвости збагачення) використовуються мало.

*Переробка відходів вуглезбагачення.* Близько 1 млн. т відходів вуглезбагачення використовується в якості паливної та збіднюючої добавки (10-

15%) до шихти для виробництва цегли із глини. Перспективним є використання відходів вуглезабагачення в якості основної сировини для формування виробів ефективною пустотілою будівельною керамікою. При цьому за рахунок економії технологічного палива (в результаті використання горючих матеріалів, що містяться у відходах) і виключення затрат на видобуток глинистої сировини значно знижується собівартість продукції. У відходах вуглезабагачення достатньо стабільний вміст  $Al_2O_3$  та  $SiO_2$ , що дозволяє їх використання як сировини для виробництва керамічних виробів. Вугілля, що міститься у відходах вуглезабагачення, може бути використано як паливо при термічній переробці відходів (в суміші з глинистими породами) в цеглу, кераміку та інші будівельні матеріали. Таким же чином одержують аглопорит – штучний легкий пористий заповнювач для бетонів, виробництво якого налагоджено в багатьох країнах. Технологія виробництва аглопориту полягає в термічній обробці методом агломерації гранульованої шихти з глинистих порід або відходів видобутку, збагачення та спалювання вугілля з наступним подрібненням отриманого в результаті спікання "коржа" і виділенням потрібних фракцій заповнювача. Аналогічно можна переробляти відходи збагачення горючих сланців.

*Виробництво діоксиду сірки.* Збагачення, яке проводиться з метою зменшення вмісту сірки у вугіллі, супроводжується утворенням вуглистого колчедану, що містить 42-46 % сірки та 5-8 % вуглецю. Вуглистий колчедан – потенціальна сировина для виробництва сірчаної кислоти, але безпосередня його переробка в  $SO_2$  шляхом випалу приводить до одержання низькоконцентрованих газів (в результаті їх розбавлення  $CO_2$ , що утворюється), і пов'язана з технічними труднощами через необхідність відводу надлишкового тепла екзотермічних реакцій. Високотемпературна переробка вуглистого колчедану сумісно з гіпсом (40-45%) в механічних печах не забезпечує розкладення останнього більш ніж на 20% і приводить до утворення високосірчистого (10-15%) огарку. В промисловій практиці знайшов застосування спосіб виробництва  $SO_2$  шляхом термічної переробки вуглистого колчедану разом з сульфатами заліза, які є відходами процесів травлення металів в метизній промисловості та при одержанні пігментного  $TiO_2$ . Випалювальні газы, максимальна концентрація  $SO_2$  в яких не перевищує 18,3%, направляють в промивне відділення сірчаної кислоти виробництва.

*Переробка відходів і використання супутніх (вскришних) порід*

Породи розкривання та попутно вилучені породи при видобутку корисних копалин містять різні компоненти, які є цінною сировиною для про-



мисловості будівельних матеріалів: крейда (може бути використана для виробництва білого цементу і повітряного будівельного вапна, а також у виробництві мінеральної вати, скла, гумових виробів); глинисті сланці (добра сировина для виробництва портландцементу); піщані породи (на їх основі виробляють тарне скло, цеглу). На основі таких відходів можна одержувати заповнювачі для бетонів, штукатурні та кладочні розчини. Основою для виробництва будівельних матеріалів можуть слугувати пусті породи, що супроводжують поклади кам'яного вугілля, які випалені при підземних пожежах (також при samozапаленні териконів). Ряд гірничорудних відходів можна використовувати як добрива в сільському господарстві.

Серед попутно вилучених і вскришних порід значне місце займають пластичні глини. Вони є хорошою сировиною для виробництва керамзиту, який служить штучним пористим наповнювачем для легких бетонів і хорошим теплоізоляційним матеріалом. Звичайно керамзит одержують шляхом випалу легкоплавких ( $<1350^{\circ}\text{C}$ ) глинистих порід з додаванням пороутворюючих матеріалів (солярове мастило, торф, сульфітно-спиртова барда і т.д.). У більшості випадків керамзит одержують у вигляді гравію розміром 5-40 мм або щебеню. Щільність керамзитового гравію складає 150-800 кг/м<sup>3</sup>. Технологія цього процесу складається в наступному. Вихідну глинисту сировину після переробки в каменевилучальних вальцях, глиномішалці з фільтруючою головкою та вальцях тонкого помелу подають в баштисилоси для гомогенізації, звідки усереднена глиномаса надходить в формуючий агрегат. Оформовані сирцеві гранули вводять в двобарабанну піч, що обертається, і яка розділена перевантажувальною камерою. В першій частині печі відбувається сушка гранул, в другій – їх випал. Для опудрення відформованих гранул з метою запобігання їх злипання передбачено спеціальний пристрій для введення в зону спучування печі вогнетривкого порошку. Контроль та коригування процесу випалу забезпечується з допомогою вимірювача насипної щільності керамзиту, який встановлений між відкатною головкою печі та холодильником. Спучені зерна керамзитового гравію на виході з печі охолоджують і розсіюють за фракціями.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які відходи утворюються при видобутку вугілля?*
- 2. Як проводиться переробка відходів вуглезбагачення?*
- 3. Які матеріали можна отримати при переробці вскришних порід?*

## Лекція 11

### **Відновлення порушених земель (рекультивация), закладка**

## **вироблених просторів та геотехнології**

*Рекультивация* - це комплекс робіт, які спрямовані на відтворення і покращення (а іноді і зовсім нове моделювання) всього порушеного природно-територіального комплексу в цілому.

В процесі рекультивациі розрізняють два основні етапи:

1) гірничо-технічний; 2) біологічний.

Завдання 1-го етапу: підготовка території (планування відвалів, надання відкосам потрібної форми, покриття їх родючими ґрунтами і т.п.) для подальшого освоєння. Завдання 2-го етапу охоплює заходи по відновленню родючості порушених земель і створення сприятливих для життя і діяльності ландшафтів. Рекультивация дозволяє не тільки усунути шкідливий вплив відвалів гірничовидобувних підприємств на біосферу, але і повернути значні земельні площі, які можуть бути використані для створення лісових масивів, сільськогосподарського освоєння, будівництва деяких об'єктів та іншого. Проблемі рекультивациі сьогодні приділяється велика увага.

### *Закладка вироблених просторів*

З початку 60-х років в гірничодобувній промисловості розвиваються способи шахтного видобутку корисних копалин з закладкою виробленого простору. З метою максимального здешевлення закладочних робіт прагнуть в якості закладочного матеріалу використовувати як відвали і хвости збагачення гірничих підприємств, так і відходи інших галузей промисловості. У більшості випадків способи видобутку з закладкою застосовують з метою більш повного видобування корисних копалин, оскільки при звичайній технології виїмки для компенсації гірського тиску необхідно залишати так звані охоронні цілики, які містять десятки і сотні млн. тон руд і твердого палива. Практикується також і засипка вироблених просторів пустою породою, що забезпечує тимчасове (на період видобутку) укріплення покрівлі і різке скорочення об'ємів поверхневих відвалів. В цьому випадку повністю запобігти осіданню породної товщі (поява провалів на земній поверхні) не вдається через усадку закладочного матеріалу, яка досягає іноді 50% від початкового заповнення об'єму. Застосування твердіючого закладочного матеріалу забезпечує його усадку, що не перевищує 5% навіть при десятикратному перевищенні очікуваного на глибині тиску. Така монолітна закладка особливо необхідна при видобутку високоцінних руд, коли недопустимі зайві їх втрати в охоронних ціликах. При монолітній закладці матеріал повинен мати здатність тужавіти (твердіння) і мати запас міцності

при одноосьовому стисненні 2-2,5 МПа. Різні тверді відходи гірничих, збагачувальних, а також інших підприємств неоднаково придатні для закладки. В більшості випадків до таких матеріалів (відвальні піщаники, горілі породи, відходи збагачення та ін.) необхідно додавати активатори тузавлення: цемент, вапно, гіпс, рідке скло і т.п. Окремі види подрібнених шлаків можуть самі виконувати роль в'язучих матеріалів. Закладка може бути повною (заповнення всього об'єму виробленого простору) або частковою (при заповненні його у вигляді шарів або смуг). В залежності від використовуваних способів транспортування і закладки закладочного матеріалу розрізняють: гідравлічну, самотічну, пневматичну, гідропневматичну, механічну та ручну закладку. Вибір конкретного методу залежить від прийнятого порядку проведення гірничих робіт та конфігурації виробленого простору. Використання закладки виробленого простору при видобутку корисних копалин є дуже перспективним, оскільки дозволяє не тільки збільшити видобуток руд та палива (за рахунок охоронних ціликів), але і ліквідувати значну частину твердих відходів промисловості, що зберігаються на земній поверхні. Закладка – захід досить дорогий і суттєво впливає на собівартість копалин, що добуваються. В цьому зв'язку велику увагу необхідно приділяти питанням здешевлення закладочних матеріалів з одночасним збільшенням ефективності робіт.

#### *Геотехнології*

При існуючій технології відкритих і закритих розробок корисних копалин все важче досягати більш ефективних результатів з точки зору охорони природи.

*Під геотехнологією розуміють сукупність хімічних, фізичних, фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних методів видобутку корисних копалин на місці їх залягання, які виключають винесення на поверхню пустих порід.*

Відміна геотехнологічних методів видобутку корисних копалин від звичайних: добуток ведуть через свердловини; засобом добутку служить робочий агент (теплоносій, розчинник); виключається важка праця (керування процесом ведеться з поверхні землі); переробка ведеться на місцях залягання. До геотехнологічних методів відносяться: свердловинний гідровидобуток; підземна виплавка корисних копалин; підземна газифікація; възгонка речовин, що сублімуються, та ряд інших.

*Свердловинний гідровидобуток* – широко застосовується на практиці. В свердловину, пробурену до місця залягання солі, (наприклад, NaCl) нагні-

тають воду і через неї відбирають отриманий розсіл. Розроблено також спосіб *гідромеханічного руйнування* руди і видача її у вигляді гідросуміші через свердловину. Цим методом можна ефективно розробляти розсипи корисних копалин і багато крихких руд (боксити, залізні, марганцеві та інші руди).

*Підземна виплавка* легкоплавких мінералів (наприклад, сірки) засвоєна в промислових масштабах Велике значення для вилучення цінних компонентів з відвалів гірничих і збагачувальних підприємств мають методи технічної мікробіології – різновиду геотехнологічних методів. Відома важлива роль мікроорганізмів у створенні і руйнуванні гірських порід і мінералів. Здатність ряду видів мікроорганізмів в певних умовах переводити нерозчинні мінеральні сполуки в розчинний стан використовують для вилучення цінних компонентів за допомогою методів кучного і підземного бактеріального вилуговування.

Під бактеріальним вилуговуванням зазвичай розуміють процес вибіркового вилучення хімічних елементів з багатокомпонентних сполук в процесі їх розчинення в водному середовищі мікроорганізмів. Метод бактеріального вилуговування може бути застосований при будь-якому способу вилуговування, якщо в них не використовують підвищення температури і тиску. В промисловості широко використовують тіонові бактерії і залізо-бактерії, які окислюють сульфідні мінерали і двохвалентне залізо до трьохвалентного, і сіркобактерії. Єдиним джерелом енергії для життєвих процесів цих мікроорганізмів, які є хемоавтотрофами, служать реакції окислення неорганічних сполук різних металів, елементарної сірки.

#### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Що таке рекультивація земель?*
- 2. Коли використовують закладку вироблених просторів?*
- 3. Що таке геотехнології і які переваги вони мають?*
- 4. З якою метою використовуються тіонові та залізні бактерії*

#### ***Тема 5. Поводження з радіоактивними відходами***

До радіоактивних відходів (РАВ) відносять матеріальні об'єкти і субстанції, що не підлягають подальшому використанню, а активність радіонуклідів чи радіоактивне забруднення яких перевищує рівні встановленні діючими нормами та правилами.

## Лекція 12

### Радіоактивні відходи і джерела їх виникнення

РАВ – це невикористані рідкі та тверді речовини або предмети, що утворюються у результаті діяльності підприємств, загальна активність, питома активність та радіоактивне забруднення поверхонь яких перевищує рівні, встановлені діючими нормативними документами

Сукупність всіх видів діяльності, пов'язаних зі збором радіоактивних відходів, їх переробкою, перевезенням, зберіганням і захороненням (включаючи діяльність, пов'язану із зняттям з експлуатації), називається *поводженням з радіоактивними відходами*. Будь-яка діяльність у галузі поводження з РАВ регулюється нормативними документами.

*Джерела утворення радіоактивних відходів:* 1) експлуатація підприємств з видобутку та переробки уранових руд; 2) експлуатація підприємств по виробництву природного та збагаченого урану; 3) експлуатація підприємств з виробництва та виготовлення тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів); 4) експлуатація та зняття з експлуатації атомних електростанцій (АЕС); 5) атомних станцій теплопостачання (АСТ) та атомних теплоелектроцентралей (АТЕЦ); 6) експлуатація підприємств по переробці та регенерації відпрацьованого ядерного палива; 7) експлуатація та зняття з експлуатації морських суден з ядерними енергетичними установками та баз їх обслуговування; 8) експлуатація дослідницьких атомних реакторів; експлуатація підприємств по виготовленню радіоактивних джерел; 9) використання ізотопної продукції в промисловості і науці, медицині, сільському господарстві; 10) в процесі дезактивації об'єктів та реабілітації територій, забруднених радіонуклідами; 11) в результаті аварій та проведення ядерних вибухів.

Залежно від агрегатного стану РАВ поділяються на газоподібні, рідкі та тверді.

*Газоподібні радіоактивні відходи (ГРВ).* По відношенню до газоподібних радіоактивних відходів термін „відходи” в Україні не застосовуються, а застосовується термін „викиди” – газо-аерозольні викиди. Всі газоподібні радіонукліди повинні збиратися системами вентиляції об'єкту на спеціальні установки очищення, і тільки після очищення до допустимих рівнів вмісту радіонуклідів вони можуть надходити в навколишнє середовище.

*Рідкі радіоактивні відходи (РРВ)* – це контурна вода, конденсат турбін з підсосами охолоджуваної води в конденсатори, витоки технічної води, води від відмивки приміщень та обладнання, пульпи перліту та іонообмінних смол. Забруднені трапні води також збираються, очищуються та повертаються у технологічний цикл, або очищені до нормативно безпечного рівня скидаються в навколишнє середовище.

*Тверді радіоактивні відходи (ТРВ)* – обладнання, що вийшло з ладу; будівельне сміття; спецодяг, який не підлягає дезактивації; ганчір'я; відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання; пластикат та ін.

ТРВ поділяються на ті, що: а) пресуються (одяг, гума, пластикати, теплоізоляція, папір, фільтри); б) не пресуються (дерево, фільтри-рамки, трубопроводи, скло, інструменти, труби, вентиля, бетонні блоки); в) спалюються (папір, дерево).

ТРВ вважаються радіоактивними, якщо питома активність відходів більша за:  $7,4 \cdot 10^4$  Бк/кг ( $2 \cdot 10^{-6}$  Ки/кг) для бета-активних речовин;  $2 \cdot 10^{-13}$  Гр·м<sup>2</sup>/(с·кг) ( $1 \cdot 10^{-7}$  г-екв. радіо/кг) для гамма-активних речовин;  $7,4 \cdot 10^3$  Бк/кг ( $2 \cdot 10^{-7}$  Ки/кг) для альфа-активних речовин (для радіонуклідів трансуранових елементів більше  $3,7 \cdot 10^2$  Бк/кг ( $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/кг)); рівні забруднення поверхонь перевищують 5 альфа-част./(см<sup>2</sup>·хв) або 50 бета-част./(см<sup>2</sup>·хв), які визначаються на площі 100 см<sup>2</sup>.

Залежно від потужності дози на відстані 10 см від поверхні тверді радіоактивні відходи поділяються на три групи: низькоактивні, середньоактивні та високоактивні відходи.

Основним джерелом найактивніших відходів є виробництва, що пов'язані з ядерним циклом енергетики.

Найважливішою особливістю уранодобувної та перероблювальної промисловості є неодмінне радіоактивне забруднення навколишнього середовища.

Джерелом утворення великої кількості РАВ (низько активних шахтних вод та твердих відходів) є виробництва по добуванню та переробці уранових руд. ТРВ, активність яких у 10 та більше разів перевищує природній радіоактивний фон, зберігаються у спеціальних чи пристосованих відкритих спорудах – хвостосховищах.

При розробці уранових покладів підземним способом на кожен тону руди, яка видобувається, приходиться 0,3 тони пустих порід та забалансових руд із гірничо-капітальних, гірничо-підготовчих та нарізних робіт. Окрім того, у кожній тоні руди, що добувається може знаходитися до 30%

забалансових руд. Такі породи частково видаляють при радіометричному сортуванні (з виділенням хвостів).

Переробка уранових руд – збагачення – проводиться на спеціальних підприємствах. На Україні це гідрометалургійний завод (ГМЗ) Східного гірничо-збагачувального комбінату у місті Жовті Води. При гідрометалургічному переділі майже вся маса, яка піддається переробці, переходить у відходи у вигляді хвостів. Таким чином при добуванні та переробці уранової руди утворюються ТРВ у вигляді: а) некондиційних руд (в основному забалансових); б) хвостів радіометричних збагачувальних фабрик; в) хвостів ГМЗ.

Джерелами утворення радіоактивних відходів на АЕС є: 1) відходи, що утворюються після проведення ремонтів чи заміни обладнання; 2) продукти нейтронної активації, що утворюються зовні тепловиділяючих елементів (твелів); 3) продукти ділення, які попали з твелів у теплоносій, певна частина яких періодично чи безперервно виводиться із реактора; 4) протікання теплоносія основного контуру реакторної установки внаслідок виникнення дефектів у трубопроводах; 5) газоподібні та аерозольні радіоактивні викиди; 6) відходи від очищення води у різних технологічних системах реакторів; 7) продувочні води басейнів витримки та перевантаження, води охолодження; 8) відпрацьоване обладнання, матеріали, використані фільтри, радіоактивно забруднене сміття, спецодяг та інше.

Наприклад, на АЕС України на 01.01.2008 року зберігалось 32 тис. м<sup>3</sup> низькоактивних, 1,7 тис. м<sup>3</sup> середньоактивних та 166 тис. м<sup>3</sup> твердих радіоактивних відходів.

Динаміка накопичення рідких та твердих радіоактивних відходів на АЕС України представлена в табл.1 та табл.2.

*Таблиця 1*

**Динаміка накопичення РРАВ в сховищах АЕС України, м<sup>3</sup>**

АЕС	2006	2007	Проектний об'єм
Запорізька	2435	2465	4800
Південноукраїнська	3257	3040	4850
Рівненська	6370	5819	4850
Хмельницька	630	590	3050

Динаміка накопичення ТРАВ в сховищах АЕС України, м<sup>3</sup>

АЕС	2006	2007	Проектний об'єм
Запорізька	7516	8042	19513
Південноукраїнська	16242	16532	27114
Рівненська	5831	6264	13837
Хмельницька	3527	3847	10292

Застосування у промисловості, медицині, у наукових дослідженнях та багатьох інших областях радіонуклідних джерел іонізуючого випромінювання тягне за собою утворення радіоактивних відходів.

**Контрольні запитання та завдання**

1. Які відходи відносять до радіоактивних?
2. Назвіть джерела виникнення радіоактивних відходів.
3. Як класифікують РАВ?
4. Які відходи видобутку уранових руд вам відомі?
5. Назвіть тверді відходи, джерелом яких є АЕС.



## Лекція 13

### Система поводження з РАВ

*Система поводження з РАВ* повинна включати в себе збирання відходів, їх тимчасове зберігання, перевезення, переробку, вилучення та захоронення.

*Збирання РАВ* здійснюється силами та засобами підприємств, на яких створюються радіоактивні відходи, окремо від звичайного сміття та суворо роздільно (окремо) з урахуванням: фізичного стану (тверді, рідкі); походження (органічні, неорганічні, біологічні); періоду напіврозпаду радіонуклідів, що знаходяться у відходах (до 15 діб, більше 15 діб); вибухо- та пожежонебезпечні (небезпечні, безпечні).

В Україні збирання, зберігання та захоронення РАВ, які утворюються на будь-яких виробництвах та організаціях, окрім тих, що підпорядковані Міністерству енергетики, провадяться міжобласними спецкомбінатами Українсько державного об'єднання «Радон» (це Київський, Харківський, Дніпропетровський, Одеський, Львівський спецкомбінати та Донецький, який не має пункту захоронення радіоактивних відходів – ПЗРВ).

На підприємстві, на яких виникають РАВ, призначаються особи, відповідальні за збирання і передачу на захоронення радіоактивних відходів, які зобов'язані вести облік радіоактивних відходів. На кожну партію радіоактивних відходів, що передається на захоронення, повинен бути оформлений паспорт. Ступінь радіаційної небезпеки при збиранні, транспортуванні, переробці та захороненні РАВ залежить від таких факторів: величини активності; виду та енергії випромінювання; ступеню токсичності радіоактивних речовин, які присутні у відходах; періоду напіврозпаду радіонуклідів; фізичного стану відходів (рідкі чи тверді); виду і стану тари.

З метою підготовки радіоактивних відходів до транспортування, зберігання або захоронення, вони піддаються кондиціонуванню і переробці, виходячи із умов розміщення їх у відповідних сховищах.

З метою виключення неконтрольованого накопичення радіоактивних відходів, забезпечення радіоактивного контролю за їх місцезнаходженням і переміщенням, умовами їх зберігання і захоронення в Україні створена єдина державна система обліку радіоактивних відходів, яка включає ведення Державного реєстру радіоактивних відходів, ведення Державного кадастру сховищ і місць тимчасового зберігання радіоактивних відходів.

В практиці очистки рідких радіоактивних відходів одним із основних методів є метод іонного обміну. Із мембранних методів очистки рідких радіоактивних відходів частіш за все використовуються зворотній осмос, електродіаліз і ультрафільтрація.

При переробці ТРВ необхідно, до розміщення їх у сховищі, максимально зменшити їх об'єм, сконцентрувати активність і надати форму, зручну і безпечну для транспортування; при цьому прагнуть отримати мінімальну кількість вторинних радіоактивних відходів, пов'язаних з самим процесом їх переробки.

Широкий спектр технологій переробки, що використовуються, можна розділити так: перший напрямок – попередня переробка і компактування (виконання операцій з сортування і маркування, зменшення об'ємів до переробки, дезактивація, компактування відходів); другий напрямок – спалення ТРВ, що дозволяє скоротити їх об'єм і масу в десятки разів; третій напрямок – дезактивація за допомогою миючих засобів, хімічних методів травлення і розчинення поверхневого шару, абразивних матеріалів, термічних методів, гідравлічних, механічних методів; отвердження (імобілізація) радіоактивних відходів.

Технологічні операції, спрямовані на забезпечення безпеки РАВ шляхом зміни їх характеристик (переведення їх в іншу форму шляхом отвердження, включення їх в яку-небудь матрицю або герметичну оболонку) називаються *імобілізацією*. Радіоактивні відходи переводять в отверджену форму з метою досягнення механічної, фізичної, хімічної і радіаційної стабільності на всіх наступних етапах поводження з ними аж до тривалого зберігання або захоронення і зменшення викупування радіонуклідів у випадку контакту з водою.

*Під перевезенням* розуміють діяльність, пов'язану з переміщенням радіоактивних матеріалів за границями підприємства, де вони виготовляються, зберігаються, використовуються або захоронюються, в тому числі з обслуговуванням пакувальних комплектів, підготовкою, відправкою, транспортуванням, транзитним зберіганням, прийманням упаковок в пункті призначення. Транспортування радіоактивних речовин здійснюється в транспортних пакувальних комплектах. Залежно від потужності еквівалентної дози випромінювання на поверхні або на відстані 1 м від поверхні, радіаційні упаковки поділяються на чотири транспортні категорії.

Контейнери – це елементи загальної системи безпеки, один з основних бар'єрів, що сприяє уникненню розповсюдження радіонуклідів та викону-

ють ключову роль у забезпеченні безпеки на всіх етапах системи поводження з радіоактивними відходами від збору, перевезення, сортування, зберігання, переробки, до їх захоронення у приповерхневих пунктах зберігання чи глибоких геологічних формаціях. Контейнер повинен забезпечувати безпеку протягом часу заданого проектом. Контейнери використовуються такими цілями: 1) транспортування ядерного палива; 2) для радіоактивних ізотопів, які використовуються у медицині; 3) для транспортування, зберігання та захоронення РАВ. Залежно від призначення вони відповідають різним вимогам і відповідно поділяються на контейнери для транспортування (повинен легко вивільнитись від відходів); для зберігання (повинен відповідати вимогам економічності при розміщенні у місті зберігання); захоронення (повинен надійно зберігати відходи протягом часу, необхідного для розпаду радіоактивних речовин. Міжнародне перевезення радіоактивних матеріалів здійснюється при наявності дозволу Державної служби експортного контролю і Мінекобезпеки.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. В чому полягає перевезення РАВ?*
- 2. Коли застосовують контейнери?*
- 3. Яким вимогам повинен відповідати контейнер?*
- 4. Що таке іммобілізація РАВ?*

## Лекція 14

### **Захоронення радіоактивних відходів**

Стратегічною задачею захоронення радіоактивних відходів є їх ізоляція від людини і біосфери на весь період потенційної небезпечності. Людина і біосфера повинні бути захищені не тільки від безпосереднього контакту з радіоактивними відходами, але і опосередковано у випадку міграції їх за межі сховищ.

Високоактивні відходи, які вміщують довгоживучі радіонукліди повинні бути захороненні у відповідних умовах, оскільки ризик виходу назовні радіонуклідів при їх довготривалому зберіганні досить невизначений.

В будь якому випадку необхідно враховувати наступне:

1) високоактивні відходи потребують зберігання до їх захоронення з метою знизити тепловиділення до прийнятних для поводження з ними рівнів і не перевищувати встановлених границь термічних ефектів в умовах захо-

ронення ; 2) більшість проєктованих та будованих у світі пунктів захоронення високоактивних відходів допускають можливість їх вилучення до моменту закриття могильника, а інколи і після. В зв'язку з цим поступово термін «захоронення» замінюється терміном «віддалення», «ізоляція» чи «зберігання», що допускає наступне вилучення відходів з пункту зберігання (з метою їх переробки та використання).

Вибір стратегії поводження з *високоактивними відходами* пов'язаний з рішенням зберігати відходи чи захоронювати, що в свою чергу залежить не стільки від технічних рішень, скільки від економічних, соціальних і політичних факторів. Прийняття однозначного рішення ускладнюється також постійним зростанням об'ємів таких відходів.

Система захоронення повинна забезпечувати неперервне встановлення критеріїв ризику при виникненні аварійних ситуацій, як техногенного, так природного характеру.

Ешелонована багатобар'ерна система захисту радіоактивних відходів при їх розміщенні у глибоких геологічних формаціях складається у загальному випадку із наступних елементів: 1) радіоактивні відходи, що включені у матрицю; 2) контейнер; 3) закладка (заповнення простору між контейнерами з відходами та конструкціями сховища); 4) сховище; 5) вміщуючі породи геологічного середовища.

В процесах іммобілізації радіоактивних відходів використовують різні матриці – нерадіоактивні матеріали, такі як цемент, бітум, полімери і т. ін. для фіксації відходів в монолітну форму. Вміщуюче геологічне середовище є основним, самим довготривалим захистом від проникнення радіонуклідів, тому при виборі перспективної геологічної структури необхідно враховувати існування в ній декількох бар'єрів з різними геохімічними і гідрогеологічними особливостями, які забезпечують надійну ізоляцію сховища; достатню сталість масиву, що забезпечує механічне збереження сховища; відсутність інтенсивних процесів, які сприяють активізації міграції радіонуклідів в наступному. Для будівництва сховища повинні бути детально вивчені фактори, явища та процеси, що сприяють збереженню його безпеки на весь розрахунковий період, а також негативний вплив на досягненні його радіаційної, горно-механічної надійності. Гідродинамічні умови міграції радіонуклідів разом з геохімічними особливостями масиву порід визначає характер геохімічної обстановки ( рН та ЕН середовища, існування органічних сполук у водовміщуючих породах та ін.) її стійкості чи мінливості у напрямку руху підземних вод, що обумовлює існування різних

геохімічних бар'єрів, реалізації сорбційних властивостей водовміщуючих порід.

Низько- і середньоактивні відходи, які вміщують короткоживучі радіонукліди, національним законодавством дозволяється захоронювати в поверхневих і приповерхневих спорудах. Усі інші радіоактивні відходи дозволяється захоронювати тільки в сховищах геологічного типу, після переведу їх в твердий стан вибухо-, пожеже- і ядернобезпечної форми. Тобто, до створення такої споруди, а на це потрібно кілька десятиріч, подібні відходи повинні зберігатися у відповідних поверхневих спорудах.

*Сховищем* називається споруда для розміщення радіоактивних відходів, в якому забезпечується їх ізоляція від оточуючого навколишнього природного середовища, фізичний захист і радіаційний моніторинг. Зберігання передбачає можливість вилучення радіоактивних відходів для переробки, перевезення і захоронення.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Охарактеризуйте стратегію поводження з високоактивними відходами.*
- 2. Які вимоги до розміщення відходів у глибоких геологічних формаціях?*
- 3. Що таке сховище радіоактивних відходів?*

### ***Тема 6. Поводження з твердими побутовими відходами***

Однією з найбільш актуальних проблем в усьому світі є проблема раціонального управління побутовими відходами. Безконтрольне і непрогнозоване поводження з відходами може привести до серйозних екологічних наслідків і представляє загрозу самій основі існування людини. Тому гостро стоїть питання про необхідність розробки економічно обґрунтованих, екологічно безпечних технологій та устаткування для знешкодження та переробки побутових відходів, використання ресурсу цінних компонентів, що входять у їх склад, у якості вторинних матеріальних ресурсів.

## Лекція 15

### **Тверді побутові відходи**

Тверді побутові відходи (ТПВ) – непридатні для подальшого використання харчові продукти і предмети побуту, що викидаються людиною.

*Морфологічний склад ТПВ:* папір, картон 20-30%, харчові відходи 28-45%, дерево 1,5-4%, метал чорний 1,5-4,5%, метал кольоровий 0,2-0,3%, текстиль 4-7%, кістки 0,5-2%, скло 3-8%, шкіра, гума, взуття 1-4%, каміння, фаянс 1-3%, пластмаса 1,5-5%, змет (<15 мм) 7-18% інше 1-3%.

До складу харчових відходів входять картопляні очистки, відходи овочів, фруктів, хліба і хлібопродуктів, м'ясні і рибні відходи, яєчні шкаралупи та ін. Вони містять крохмаль, жири, білки, вуглеводи, клітковину, вітаміни. Вологість харчових відходів коливається від 60-70% весною до 80-85% влітку і восени. Баластні домішки харчових відходів представлені кістками, боєм скла і фаянсу, металевими кришками і банками.

*Фракційний склад* – вміст частин різного розміру, виражений у відсотках (%) до загальної маси (впливає на технологію збору і видалення відходів, конструктивні параметри машин і устаткування сміттєпереробних заводів). В різні сезони року фракційний склад змінюється.

Важливими характеристиками ТПВ є хімічний склад, фізичні властивості (густина, зчеплення, компресійні, абразивні), теплотехнічні та санітарно-біологічні властивості, а також об'єми та норми накопичення.

*Збір ТПВ* без розділення на окремі складові називається *валовим збором*. *Селективна* система збору окремих складових ТПВ забезпечує одержання відносно чистих вторинних ресурсів від населення і зменшення кількості відходів, що вивозяться. Ця система вимагає від населення свідомого підходу до видалення ТПВ, збільшення числа обслуговуючого персоналу, тари, спецтранспорту для вивезення кожного виду вторсировини. *Планово-регулярна* організація збору і видалення ТПВ передбачає вивезення відходів з домоволодінь з встановленою періодичністю. Періодичність видалення ТПВ встановлюється санітарними службами виходячи з місцевих умов у відповідності з діючими правилами утримування територій населених місць. Великогабаритні ТПВ збирають на окремих майданчиках. *Транспортування* ТПВ здійснюється сміттєвозами ємністю 6-60 куб. м. Для ущільнення ТПВ використовуються ущільнюючі пристрої, що дає можливість знизити об'єм транспортованих ТПВ у 1,5-2 рази.

*Методи знешкодження і переробки ТПВ* можна умовно розділити на три основні групи: утилізаційні, ліквідаційні і змішані. За технологічним принципом розрізняють біологічні, термічні, хімічні, механічні і змішані методи. Найбільшого поширення в Україні набули такі технології знешкодження і переробки ТПВ: складування на полігонах або звалищах (ліквідаційний механічний), спалювання (ліквідаційний термічний), компостуван-

ня (утилізаційний біологічний). Вказані технології можна застосовувати в комплексі з різними способами вилучення утильних фракцій з ТПВ. Утилізація окремих складових ТПВ проводиться шляхом роздільного збору утильних компонентів ТПВ або механізованими способами із загальної маси. За діючими санітарними нормами України ручний збір утильних компонентів заборонений.

Для механізованого вилучення окремих складових ТПВ використовують магнітну, пневматичну, електричну і гідросепарацію, тощо.

*Полігони ТПВ (ПТПВ)* – природні споруди, призначені для складування ТПВ, що забезпечують захист біосфери від забруднення та перешкоджають розповсюдженню патогенних мікроорганізмів за границі площадки складування і забезпечують обеззараження ТПВ біологічним способом. На ПТПВ можлива утилізація органічної складової ТПВ шляхом уловлення біогазу. Строк використання ПТПВ - 15-20 років. Розміщення, облаштування ПТПВ та застосовувані технології здійснюються відповідно до вимог санітарних норм.

*Польове компостування* – найбільш простий спосіб знешкодження ТПВ (складний аеробний біологічний процес з інтенсивним виділенням тепла). Проводиться на площадках, які знаходяться поряд з полігоном.

*Сміттєспалювальні заводи (ССЗ)* – знешкодження ТПВ із застосуванням таких технологій: ліквідаційно-термічний метод; утилізаційно-термічний метод; термічна обробка ТПВ без повітря (піроліз) з утилізацією газів та інших продуктів піролізу (утилізаційно-термічний метод).

На сміттєпереробних заводах проводиться знешкодження ТПВ та переробка знешкоджених компонентів ТПВ для подальшої утилізації, що складаються з таких основних операцій: технологічна підготовка ТПВ, знезараження ТПВ в біотермальних барабанах, контрольне сортування знезаражених ТПВ, вилучення чорних металів, вилучення кольорових металів, вилучення баластних включень, вилучення подрібненої плівки з компосту. На СПЗ застосовують компостування, що доповнюється вивезенням частини ТПВ на полігони (ліквідаційно-біологічний метод), спалювання частини ТПВ на сміттєспалювальних заводах.

### ***Контрольні запитання та завдання***

- 1. Які відходи відносяться до твердих побутових відходів?*
- 2. Які способи збору ТПВ ви знаєте?*
- 3. Охарактеризуйте методи знешкодження та переробки ТПВ.*

## Лекція 16

### Полігони твердих побутових відходів

Одним із найпоширеніших способів утилізації та знешкодження ТПВ є їх полігонне захоронення, який є найдешевшим, але й найдовговічнішим. Період знешкодження та мінералізації відходів на полігонах триває 8-100 років. В наш час полігонному захороненню ТПВ підлягає: в Україні - 97%, у США – 70%, в Європі – 55-65%, у Японії та Швейцарії – 25-30%.

Розмір ділянки, що відводиться під полігон ТПВ, визначається заданим строком експлуатації, чисельністю населення, що обслуговується, з урахуванням перспективи росту населення, перспективної норми накопичення ТПВ та їх щільністю ( $t/m^3$ ), і геометричною формою ділянки, а також допустимою висотою складування.

Полігони розташовуються за межами міста (населеного пункту). Розмір санітарно-захисної зони – 50 м від границі забудови та 15 км від аеропорту. Придатною для розміщення полігону є ділянка, яка складена глинами чи важкими суглинками (при глибині ґрунтових вод не менше 2 м). Проектний строк експлуатації полігону – більше 15-20 років. Полігони ТПВ, які мають загальну висоту більше 20 м та навантаження  $10 t/m^2$  відносяться до категорії високонавантажених.

Основними елементами полігону ТПВ є під'їзна дорога (з двостороннім рухом), ділянки складування, яка займає 95% площі полігону та обмежується водовідвідною канавою та ін. Ділянка складування розділяється на черги експлуатації з урахуванням рельєфу місцевості). Складування ТПВ ведеться на висоту 2-3 яруси (висота ярусу – 2-5 м.). На ділянці складування, в основі полігону, проводиться влаштування котловану з виїмкою ґрунту для наступної ізоляції ТПВ, як проміжної, так і остаточної. Глибина котловану залежить від рівня ґрунтових вод (дно котловану повинно бути на 1 м вище рівня ґрунтових вод). Основу котловану становить глина товщиною більше за 0,5 м (коефіцієнт фільтрації якої менше  $10^{-5}$  см/с), що потребує влаштування екрану для обмеження потоку фільтрату до нижніх ґрунтових вод та попередження потоку ґрунтових вод вище основи полігону. В якості протифільтраційних екранів регламентується використання наступних матеріалів: одношаровий глиняний екран (товщина більше 0,5 м) поверх якого укладається шар місцевого ґрунту (0,2-0,3 м); ґрунтобітумний екран, оброблений органічними в'язучими або відходами нафтопе-



0,4 м); екран з латексу (двошаровий).

В результаті попадання різного виду вологи: вологи в складі окремих компонентів ТПВ (40-60% – загальна вологість ТПВ), яка утворюється на всіх етапах – від тари для відходів у квартирі до полігону ТПВ включно; атмосферної вологи, що попадає на поверхню ТПВ при тимчасовому зберіганні; вологи, яка утворюється в результаті біохімічних процесів у тілі полігону; різних видів атмосферної вологи, які попадають на поверхню полігону, а також за рахунок хімічних реакцій в аеробних та анаеробних умовах і фізичних процесів (конденсація, вилуговування, фільтрація, розчинення та ін.) у тілі ТПВ на полігоні утворюється рідкий продукт – фільтрат. Це рідка складова ТПВ, яка утворюється на всіх етапах їх руху від тари для відходів у квартирі до полігону ТПВ включно. Фільтрат вміщує продукти вилуговування водорозчинних сполук та продукти розкладення відходів. В середньому річний об'єм фільтрату складає 2-3 тис. м<sup>3</sup>/га. Склад фільтрату залежить від строку експлуатації полігону (від стадії розкладання відходів), характеру відходів, що складуються, об'єму попадання поверхових та ґрунтових вод. Він являє собою рідину від жовто-коричневого до сіро-чорного кольору із специфічним затхлим та сірководневим запахом. Це гетерогенна система, що за складом представляє собою концентровані високомінералізовані стічні води, сильно забруднені важкоокислюваними органічними речовинами, ПАВ, фосфатами, солями важких металів (гіпертоксичні речовини).

Для запобігання потрапляння фільтрату у ґрунти, та для захисту ґрунтових і поверхневих вод від забруднення фільтратом застосовуються наступні заходи: — відкачка фільтрату з тіла полігону з подальшим видаленням на очисні споруди; — створення багатошарового екрану на дні та відкосах котловану, в якому розміщують ТПВ.

Ще однією важливою проблемою для полігонів ТПВ є проблема біогазу, який утворюється у великій кількості на території полігонів в результаті анаеробного розкладення органічної фракції ТПВ. Із загальної кількості метану, який надходить в атмосферу, приблизно 20% припадає на об'єкти захоронення ТПВ. Звалищний газ (біогаз), що надходить з тіла полігону в атмосферу, може час від часу накопичуватись над поверхнею полігону та виноситись за границю 500 м зони. Основні компоненти його (%) це: метан – 45-75; діоксид вуглецю – 30-40; азот – 5-15; кисень – 0-2; сірководень та інші. Окрім того, вільні порожнечі, які утворюються за рахунок нерівномірної

го розкладання ТПВ, можуть бути місцем накопичення біогазу, що є загрозою виникнення пожегів та вибухів на полігонах. Біогаз негативно впливає на рослинний світ територій, що знаходяться безпосередньо навколо полігону.

В Україні існує 140 великих полігонів, на яких захоронюється майже половина всіх ТПВ і на яких економічно вигідно збирати та використовувати біогаз. Зачинення полігону ТПВ проводиться за проектним рівнем складування відходів. Полігон, що виводиться з експлуатації підлягає рекультивації, яку проводять по закінченню стабілізації зачинених полігонів, коли завалочний ґрунт набуває стійкого стану.

### ***Контрольні запитання і завдання***

- 1) Де можна розташовувати полігони ТПВ?*
- 2) Який розмір санітарної зони у полігону ТПВ?*
- 3) Як запобігти просочуванню фільтрату у ґрунтові води?*
- 4) У чому складається проблема біогазу на полігонах ТПВ і як її вирішують?*

## Список літератури

1. Мазур *И.И.*, Молдованов *О.И.*, Шишов *В.Н.* Инженерная экология. Теоретические основы инженерной экологии. – М.: 1996. – т.1. – 637с.
2. Родионов *А.И.* и др. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1980. – 512 с.
3. *Р.А. Кизима, Л.А. Єгоркіна, С.І. Веремєєнко, Г.В. Доманський, В.В. Яковчук* Екологія в будівництві. – Рівне: НУВГП, 2005. – 220с.
4. *Ключников А.А., Пазухин Э.М., Шигера Ю.М., Шигера В.Ю.* Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними. – К.: Інститут проблем безопасности АЭС НАН України, 2005. – 487 с.
5. *Корчагин П.А., Замостьян П.В., Шестопалов В.М.* Обращение с радиоактивными отходами в Украине: проблемы, опыт, перспективы. – К.: «Иван Федоров», 2000. – 178 с.
6. *Чемерис Н.В., Волобуев П.В., Изюмов М.А. та ін.* Обращение с низко- и среднеактивными отходами в Уральском регионе. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 128 с.
7. *Верховна Рада України, Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 № 187/98-ВР* із змінами, внесеними згідно із Законом N 3073-III від 07.03.2002, ВВР, 2002, N 31, ст.214
8. *Державний комітет України по стандартизації, метрології та сертифікації.* Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 із змінами і доповненнями, внесеними наказом Державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації від 30 березня 2000 року N 252.
9. *ДСанПіН 2.2.7.029-99* Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпечності для здоров'я населення.
10. *Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»* від 21 березня 1995 року зі змінами від 17 вересня 2008 року N 516-VI.
11. *Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України.* Наказ №54 МОЗ України від 02.02.2005, зареєстровано в Мінюсті України 20.05.2005 № 552/10832.

Навчальне видання

**ЗАГРАЙ** Ярослав Михайлович  
**КОТОВЕНКО** Олена Андріївна  
**МІРОШНИЧЕНКО** Олена Юріївна

## **ІНЖЕНЕРНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ БІОСФЕРИ** **Захист ґрунтів і літосфери**

Конспект лекцій  
для студентів, які навчаються за напрямом підготовки  
6.040106, „Екологія, охорона навколишнього середовища  
та збалансоване природокористування”

Комп’ютерне верстання *А.П. Морозюк*

Підписано до друку 2012. Формат 60x84  
Ум. друк. арк. 3,02. Обл.-вид. арк. 3,25,  
Тираж 40 прим. Вид. № 17/І-12 Зам. №

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mai: red\_isdat@ua.fm

Видруковано в редакційно-видавничому відділі  
Київського національного університету будівництва і архітектури

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи  
ДК № 808 від 13.02.2002р.