

1. Технологія переробки найбільш поширених відходів.

Відходи виробляються практично на кожній стадії промислового технологічного процесу. Ступінь небезпеки промислових відходів змінюється від таких нешкідливих матеріалів, як пісок, і до діоксинів, які є одними з найбільш токсичних речовин. Видалення шкідливих відходів, що загрожують як здоров'ю людини, так і станом навколишнього середовища, - невідкладне завдання світового масштабу. Хоча шкідливі відходи складають тільки приблизно 15% всіх промислових відходів, крайня ступінь їх шкідливості вимагає, щоб вони знешкоджувалися правильно і ретельно.

Шкідливі відходи отримуються в результаті таких видів діяльності, як гірничі роботи, металургійне виробництво, видобуток і переробка нафти, звичайна і ядерна енергетика, а також виготовлення незліченних матеріалів і виробів, включаючи пестициди і гербіциди, хімічні захисні засоби і розчинники, фарби і барвники, вибухові речовини, гуму та пластмаси, целюлозу і папір, акумулятори, ліки, тканини і шкіру. Відходи утворюються у вигляді твердих матеріалів, рідин, газів і напіврідкої маси. Вони включають речовини, які можуть бути токсичними, займистими, що викликають корозію, хімічно активними, інфекційними або радіоактивними. Вони можуть займатися або вибухати при нормальних температурах і тисках або при контакті з повітрям або водою.

Деякі з таких відходів можуть запалюватися або детонувати від статичної електрики, інші - при падінні або струсі. Деякі відходи високочутливі до тепла або тертя.

Існують токсичні відходи (свинець, миш'як, кадмій, ртуть і інші важкі метали), які не піддаються переробці. При неправильному або недбалому похованні шкідливі відходи можуть отруїти ґрунт і водні джерела.

1.1. Переробка нерадіоактивних відходів.

Проблема переробки шкідливих відходів вважається найбільшою екологічною проблемою століття. Видалення шкідливих відходів - серйозна проблема в розвинених, так само як і в багатьох країнах, що розвиваються. У

масштабі всієї Землі щорічно виробляється більше 600 млн. т шкідливих промислових відходів. Поховання на звалищах все ще вважається найбільш економічним методом видалення шкідливих промислових відходів. Однак в деяких випадках використовуються більш ефективні методи, наприклад термообробка і утилізація.

Використання звалищ.

Вплив звалищ на навколишнє середовище повинен бути зведений до мінімуму шляхом правильного розташування, функціонування, поводження з фільтратами і постійного виміру параметрів таких об'єктів. Правила будови звалищ вимагають наявності підкладки, системи збору фільтрату, системи регулювання стоків, вінілового покриття і організації постійного виміру параметрів. Кожне заповнене звалище має мати спеціальне верхнє покриття, засипане шаром землі.

Термообробка.

Спалювання органічних відходів може різко зменшити ймовірність забруднення ґрунтових вод; крім того, енергія що виробляється при цьому може бути цінним побічним продуктом. Серед недоліків спалювання - можливість забруднення повітря, експлуатаційні труднощі і вартість процесу.

Головна екологічна проблема при термічному знищенні небезпечних відходів - можливі викиди речовин-забруднювачів повітря. Для зменшення викиду забруднювачів використовуються пристрої для уловлювання і нейтралізації шкідливих продуктів згоряння, а також інших шкідливих речовин. Спалювання деяких відходів, особливо тих, які містять хлорорганічні сполуки, зокрема поліхлоровані дифеніли (PCB), супроводжується викидом в атмосферу високотоксичних тетрахлордибензо-*p*-діоксину (TCDD) і поліхлорованих дибензофуранів (PCDF). Однак високоефективне обладнання для термообробки і його правильна експлуатація дозволяють різко зменшити утворення з'єднань TCDD і PCDF; спалювання при високих температурах з інтенсивним перемішуванням істотно зменшує викиди діоксину і дибензофуранів.

Технології термообробки.

Основні види термообробки відходів - спалювання і піроліз. В обох процесах використовуються високі температури як головний засіб зміни хімічного, фізичного або біологічного характеру або складу шкідливих відходів. Процес спалювання здійснюється в присутності достатньої кількості кисню. Побічними продуктами спалювання є в основному вода, вуглекислий газ і зола; негорючі матеріали, в тому числі кислоти, оксиди металів та інші неорганічні сполуки, збираються в золі або несуться димовим газом.

Піроліз - це горіння в збідненому киснем середовищі. З молекул органічних відходів в результаті піролізу утворюються менш складні частинки, молекули простих органічних сполук і зола; продукти піролізу можуть використовуватися як сировина для хімічних виробництв і паливо.

Існує кілька технологій термообробки, здатних знешкоджувати отруйні відходи. Високотемпературні процеси проводяться в обертових сміттєспалювальних печах, печах для випалу клінкеру, печах з подачею рідких відходів, суднових і мобільних печах. Низькотемпературні процеси здійснюються в топках з псевдозрідженим шаром, многотопочних печах, реакторах з розплавом солей і установках з окисленням вологим повітрям.

Утилізація відходів.

Під утилізацією мається на увазі переробка промислових відходів в корисні сировинні матеріали і енергію. Наприклад, теплота, що виділяється при спалюванні небезпечних відходів, може бути використана для створення пари, що приводить в рух генератор електроенергії, а свинець, витягнутий з несправних автомобільних акумуляторів, - у виробництві нових акумуляторів. Значне зниження витрат виробництва і витрат енергії може бути досягнуто шляхом утилізації переробки таких матеріалів, як лом металів (зокрема, заліза, сталі, алюмінію, міді, свинцю і магнію), макулатура, деревні відходи, склобій та пластмасові відходи. На звалищах, існуючих протягом ряду років, утворюються великі кількості метану в міру того, як скинуті в них органічні матеріали

розкладаються; на багатьох звалищах тепер проводиться відбір метану, який використовується як паливо.

Теоретично шляхом утилізації переробки можна було б видаляти всі шкідливі промислові відходи. Насправді, однак, знадобляться десятиліття для того, щоб тільки наблизитися до реалізації цієї мети, оскільки в проектах більшості заводів не передбачається утилізація відходів і немає налагоджених процесів переробки. Проте деякі хімічні підприємства вже переробляють частину своїх шкідливих відходів.

Комплексні системи переробки відходів.

Комплексні системи переробки промислових відходів об'єднують в собі декілька згаданих вище технологій.

Горючі органічні рідкі відходи спалюються в печі, топкова камера якої має місткість близько 28 м³ і забезпечує час згоряння приблизно 2 с при 1370 °С. Після двоступеневої скрубберної системи очищення вода з скрубберів подається на очищувач стічних вод для нейтралізації.

Дуже дрібні частинки твердих неорганічних речовин видаляються з газоподібних продуктів згоряння електростатичним осадженням. Вода з відстійника також подається на очищувач стічних вод.

Тверді хімічно активні матеріали, які не згорають і не розчиняються у воді, упаковуються в сталеві бочки і відправляються на звалище. На звалищі вони покриваються великою масою напіврідких відходів, що утворюються в очищувачі стічних вод.

Звалище зазвичай складається з трьох прилеглих один до одного двогектарних котлованів (виїмок) з плоским дном, які мають нахил 1%. На дно укладають шар піску, а на укоси - спеціально відібрану непроникну глину. Дно і укоси отриманої таким чином виїмки застеляються армованим ізолюючим покриттям на основі синтетичного каучуку (типу гіпалона). Поверх цього покриття насипається шар гравію і піску, а потім настиляється аналогічне ізолююче покриття. Шар гравію і піску між двома покриттями служить в якості

системи виявлення протікання, а також допомагає запобігти накопиченню рідин на нижньому покритті.

Верхнє покриття засипається 30-см шаром гравію, накривають поліпропіленової плівкою Тайпар. Засипка фільтрує напіврідкі відходи, що скидаються пізніше, забезпечуючи тим самим вільний стік фільтрату в відстійник. Пізніше фільтрат перекачується в установку хімічної нейтралізації стічних вод для обробки. Заповнена відходами виїмка закривається непроникним ущільненим 60-см шаром глини. Верхній 30-см шар ґрунту, засіяний травою для запобігання ерозії, завершує укриття звалища. Під час заповнення виїмки, а також після її укриття за допомогою контрольних свердловин ведеться спостереження за ґрунтовими водами на предмет попадання в них забруднюючих речовин.

Очищувач стічних вод обробляє відходи і одночасно перетворює їх в напіврідку масу для скидання. Передбачаються як біологічна, так і механічна обробка рідких відходів. Стічні води нейтралізуються вапном; крім того, в них додається електроліт, щоб прискорити осадження зважених твердих частинок. Очищена від твердих частинок рідина подається в аеротанки, де мікроорганізми і порошкоподібне активоване вугілля видаляють органічні матеріали, які не піддалися осадження на попередній стадії очищення.

Мікроорганізми руйнують шкідливі органічні речовини, перетворюючи їх на вуглекислий газ, воду і різноманітні органічні сполуки. Ця суміш очищується за допомогою осідання зважених в ній частинок. Частина утворених напіврідких відходів повторно направляється в аеротанки, а залишок звільняється від води пропусканням через згущувач і фільтр. Фільтрувальний осад подається на вершину спалювальної печі, що містить п'ять топків. Гарячі гази випаровують вологу з напіврідкої маси наверху. У середніх, більш гарячих топках піддаються піролізу біомаса і органічні матеріали, адсорбовані на активованому вугіллі; в нижніх, найгарячіших топках забруднене порошкоподібне вугілля регенерується в присутності водяної пари для повторного використання в аеротанках.

Описана вище система може працювати як з шкідливими промисловими відходами, які вимагають обробки і очищення, так і з відходами, які не потребують таких операцій. Первинна напіврідка маса після звільнення від води шляхом фільтрації скидається на звалище. Фільтрат зі звалища подається в очищувач стічних вод для обробки. В кінцевому підсумку очищені стічні води, що містять деяку кількість забруднюючих речовин, скидаються у відкритий водний басейн.

1.2. Видалення радіоактивних відходів.

З метою правильної обробки радіоактивні відходи зазвичай поділяються на відходи низького, високого та проміжного рівнів радіоактивності.

Відходи низького рівня радіоактивності.

Створюється багато низькорадіоактивних відходів, що підлягають видаленню, на заводах з переробки уранової руди, в дослідницьких лабораторіях, в системах охолодження і промивки атомних реакторів, в лікарнях, печах спалювання відходів. Забруднення цього типу зазвичай є легким, однак обсяг забруднених відходів дуже великий.

Відходи високого рівня радіоактивності.

Високорадіоактивні відходи - це використане («відпрацьоване») паливо з ядерних реакторів, а також агресивні рідини, що залишаються після переробки такого палива з метою вилучення плутонію і урану. Обсяг високорадіоактивних відходів відносно малий, але більша їх частина залишається радіоактивною протягом довгого часу.

Відходи проміжного рівня радіоактивності.

До цієї категорії відносяться різноманітні типи відходів, які не потрапляють ні в одну з двох категорій, зазначених вище. Вона включає конструктивні вузли реакторів, матеріали, сильно забруднене обладнання та стоки.

1.2.1 Характеристики радіоактивних відходів

Фізичний стан.

Відходи можуть бути газами або частками, зваженими в повітрі в формі аерозолів. Тверді частинки викидаються у вигляді пилу або диму; рідкі частинки зазвичай утворюють туман. Повітряні потоки, які переносять ці аерозолі або гази, підлягають очистці перед викидом в атмосферу.

Тверді радіоактивні відходи можуть виникати в результаті видобутку і переробки радіоактивних руд, виробництва ядерних палив, діяльності лабораторій і механічної обробки матеріалів на заводах з виробництва палив.

Фізичні та хімічні процеси очищення повітря і обробки рідин дають напіврідкі відходи і концентрати. Радіоактивне забруднення обладнання і робочих тіл відбувається при всіх зазначених типах робіт, і забруднені матеріали повинні бути перероблені або видалені.

Радіація і розпад.

Радіація, існуюча на звалищах радіоактивних відходів, викликається розпадом атомів радіоактивних речовин, присутніх у відходах. Зіткнення продукту розпаду з атомом в повітрі, тілі людини або матеріалі призводить до вибивання електрона, так що утворюється позитивно заряджений атом. Вибитий електрон може приєднатися до іншого атому, зарядивши його негативно. Заряджені таким чином атоми, які називають іонами, можуть порушити рівновагу в тканинах тіла і викликати руйнування клітин.

Радіоактивні ізотопи деяких елементів мають період напіврозпаду, що вимірюється лише секундами. З іншого боку, ізотоп вуглецю ^{14}C , широко використовуваний в біологічних дослідженнях, має період напіврозпаду 5568 років.

Безумовно, інженери, які займаються переробкою радіоактивних відходів, повинні забезпечити захист для сотень майбутніх поколінь і скласти докладний опис місць і методів переробки довгоживучих відходів.

Продукти поділу реакторних палив.

У будь-якому реакторному паливі утворюються сотні продуктів поділу, і їх періоди напіврозпаду мають значення від секунд до тисяч років. При видаленні таких відходів особливу увагу треба приділяти довгоживучим

продуктам ділення, зокрема ізотопу стронцію ^{90}Sr і ізотопу цезію ^{137}Cs , які небезпечні для живих тканин.

1.2.2. Методи видалення і переробки.

Газоподібні відходи.

Оскільки радіоактивні матеріали в повітрі і газах вкрай небезпечні, для очищення повітряного потоку від них потрібно використовувати високоефективну систему. Граничну обережність слід проявляти при видаленні забрудненого очищувача. Забруднюючі атмосферу гази можуть являти собою, наприклад, ізотоп аргону ^{41}Ar в що виходить з атомних реакторів у повітряному потоці або корозійно-активні гази, що містять пари кислот, які утворюються в процесах вилучення металів, що використовуються у виробництві ядерних палив. Інертні гази, зокрема аргон, зазвичай викидаються через димові труби великої висоти і розсіюються в атмосфері.

Для обробки розчинних або хімічно активних газів, що містять радіоактивні елементи або сполуки, можна застосовувати газоабсорбційні методи, в тому числі насадкові колони, тверді адсорбенти і реакції типу «тверда речовина - газ». Радіоактивні частинки або аерозолі можна видаляти за допомогою звичайного устаткування для повітро-і газоочистки. Очищений газ може випускатися в атмосферу, однак витягнуті з нього матеріали стають рідкими або твердими відходами, які підлягають видаленню іншими методами.

Рідкі відходи.

Радіоактивні речовини, розчинені у воді або інших рідинах, можна видалити методами хімічного осадження. Так, радіоактивний стронцій швидко видаляється шляхом додавання нерадіоактивного стронцію в якості носія або шляхом додавання барію і свинцю. Низькорадіоактивні відходи, що містять колоїдні і завислі частинки твердих матеріалів, можна очистити звичайними методами водоочищення, використовуючи коагулянти, глину і поліелектроліти. Фільтрування потоку рідини підвищує ступінь очищення.

Розчинні радіоактивні відходи можна обробляти йонообмінними смолами (аніонними або катіонними), або за допомогою повної демінералізації.

Необхідна попередня очистка рідких відходів перед введенням їх в йонообмінник з метою видалення всіх частинок, які могли б покрити шар смоли.

Можна також використовувати абсорбційні властивості глини для вилучення радіоактивних катіонів з рідких відходів, які зливаються в ґрунт. Видалення відпрацьованих смол і глин - проблема видалення твердих відходів. Зазвичай відпрацьовані смоли спалюються для концентрування радіоактивних матеріалів в золі або ж піддаються похованню. Забруднені глини можна затверджувати шляхом випалу.

Випарювання - найбільш ефективний спосіб поділу радіоактивних відходів на дві фракції: високорадіоактивну густу масу і незабруднену рідину. З цією метою використовувалися перегінні куби, парове стиснення і випарники вибухового скипання.

Процеси біохімічної обробки мають обмежене застосування, оскільки більшість радіоактивних матеріалів - неорганічні речовини. Мікроорганізми можуть концентрувати тільки ті радіоактивні речовини, якими вони харчуються.

Осідання радіоактивних матеріалів на металевих деталях каналізаційної мережі будинків може становити небезпеку для робочого персоналу лабораторій і лікарень. Для очищення таких мереж, забруднених низькоактивними радіоізотопами, зазвичай використовуються кислотні або лужні розчини.

Скидання низькорадіоактивних рідких відходів в навколишнє середовище увійшло в практику радіоізотопних лабораторій. Високорадіоактивні рідкі відходи треба зберігати протягом багатьох років, а можливо, і століть. Контейнери з відходами зберігаються під землею, щоб запобігти закипання рідини в результаті виділення тепла при розпаді містяться в них радіоактивних речовин.

Поховання рідких відходів низького і проміжного рівнів радіоактивності в землю можливо за певних кліматичних і геологічних умовах. Рідкі відходи

досі зливалися в землю через спеціальні колодязі, канали і земляні відстійники. Багато продуктів поділу адсорбується на ґрунтах. В даний час досліджується можливість поховання високорадіоактивних рідких відходів в природних і штучних підземних порожнинах, в підземних або підводних порожнинах граніту, мерзлої глині або соляних шахтах і куполах.

Тверді відходи.

Такі відходи можуть видалятися шляхом поховання, спалювання або переплавки (в разі металевих відходів). Місця поховання для видалення забруднених твердих відходів і брухту є в різних регіонах США і Росії, а також у Франції, Німеччині, Бельгії, Швеції та інших країнах. Поховання проводиться в котлованах або пустотах з покриттям землею або бетоном. На вибір місця поховання впливають рельєф місцевості, геологічна будова пластів, ґрунтові, гідрологічні та метеорологічні характеристики і можливості доставки.

Лабораторні роботи можуть призвести до великих кількості спалюваних забруднених відходів, серед яких фільтрувальна папір, абсорбуючі матеріали, одяг, рукавички, ганчірки, дерев'яні предмети. Обсяг таких твердих відходів може бути зменшений шляхом спалювання, причому зола і летючі радіоактивні речовини видаляються окремо. Спалювання горючих відходів буде використовуватися і надалі як важливий метод видалення.

Переробка уранової руди та інші процеси в атомній промисловості ведуть до появи великої кількості забрудненого чавунного і сталевого обладнання. Такі матеріали можуть бути знову використані: при переплавці уран виноситься зі шлаком і вже не представляє небезпеки для здоров'я.