

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА ПРИКЛАДІ ШВЕЙЦАРІЇ

¹ Швейцарський корпус експертів SWISSCONTACT

Анотація

Проаналізовано практику поводження з відходами у Швейцарії. Запропоновано удосконалені технології і схеми поводження з відходами.

Ключові слова: відходи, небезпечні відходи, поводження з відходами, утилізація відходів.

Abstract

Waste management practices in Switzerland are analyzed. Improved technologies and waste management schemes are proposed.

Keywords: waste, hazardous waste, waste management, waste disposal.

Вступ

Ще донедавна відходи були «брудним» словом, і кожен, хто мав справу із відходами, був людиною другого сорту. Останнім часом все змінилося.

Все, що виробляється, раніше чи пізніше стане відходами. Отже, відходи стали супутником виробництва. Однак утилізація ще не стала частиною виробництва. Досить часто вироблена продукція призводить до проблем через непрофесійне поводження з токсичними речовинами. Наприклад, флуоресцентні лампи, які були популярними завдяки економії електроенергії, містять ртуть, яка викликала великі проблеми та забруднення навколишнього середовища. У наш час те ж саме спостерігається із сонячними панелями. Сьогодні не обговорюється, як потрібно утилізувати сонячну панель, що містить токсичні речовини. Але кожен, хто виробляє товар, частково несе відповідальність за подальшу його утилізацію.

Також спостерігаються серйозні недоліки у підготовці персоналу. Хоча виробництво потребує інженерів з 4-5-річним досвідом, а також з вищою освітою в галузях машинобудування, електротехніки, хімії та фізики тощо, загальна думка про сферу поводження з відходами така: особливих знань не потрібно, хоча насправді потрібні ґрунтовні знання у всіх вказаних галузях. Будь-яка операція з утилізації, яка проводиться із застосуванням хімічних та фізичних процесів або вимагає механічних пристроїв, потребує технічних знань. Крім того, технічна реалізація часто є проблематичною через різний пріоритет вимог в окремих країнах; економічні умови часто унеможливають правильне поводження з відходами або необхідні інвестиції є неможливими через відсутність економічної вигоди.

Варто також зазначити, що процеси або системи не можуть бути на 100% скопійовані з однієї країни в іншу. У будь-якому випадку необхідно враховувати обмежувальні фактори, політичну ситуацію та правові норми для з'ясування фінансового становища. У наступних розділах ця проблема ще буде обговорена.

Поводження з відходами

Термін "поводження з відходами" включає всі види діяльності та заходи, пов'язані з відходами, тобто з матеріалами, які більше не потрібні. Зокрема, сюди входять (рисунок 1):

- збирання;
- зберігання;
- сортування і розділення;
- повторне використання і рециклінг;
- обробка (детоксикація, перетворення, спалювання, біологічні процеси);
- захоронення на полігонах.

Поводження з відходами передбачає дотримання загальноприйнятих правил менеджменту. Спочатку потрібно з'ясувати, хто і за якими критеріями приймає відповідні відходи. Друге

питання, яке має бути з'ясованим, – які відходи наявні, їх форма та якість. Як потрібно збирати ці відходи? Третє питання, яке варто уточнити: що необхідно зробити для того, щоб отримати необхідну продукцію із наявних відходів. І останнє – це з'ясування фінансової і технічної доцільності та розрахунок усіх необхідних методів утилізації та інвестицій. Наступна схема відображає цей взаємозв'язок:



Рисунок 1. Схема поводження з відходами

Системи збирання відходів

Системи збирання відходів організуються по-різному відповідно до вимог. При вивезенні побутових відходів плата здійснюється в залежності від ваги чи об'єму відходів: пакети об'ємом 35, 60 або 110 літрів маркуються різними наліпками (швейцарська система) або зважується контейнер (Німеччина).

Збір здійснюється сміттевозами із перекидним кузовом місткістю 20 м³ або 10 тонн при силі пресування 320 кН. Використовуючи цю інформацію, можна розрахувати, скільки сміттевозів потрібно на добу та час, необхідний для вивезення відходів.

Біологічні відходи збираються у «зелений контейнер» (рис.2) і забираються окремо звичайним сміттевозом (рис. 3).

У Німеччині всі відходи пакувальних матеріалів збираються у «жовтий пакет» для подальшого спеціального сортування та часткової переробки, але цей пакет містить близько 50% інших відходів!

Інші відходи, які зазвичай збираються окремо:

- ПЕТ-пляшки (у магазинах);
- скло (у спеціальні контейнери);
- чисті газети і картон (зв'язані у пакунки).

У кожному випадку необхідною є наявність компанії, яка використає окремо зібрані відходи.

У Швейцарії в кожному селі є спеціальні центри збору токсичних та спеціальних відходів, таких як батарейки, використана олія, люмінесцентні лампи, електронні пристрої (рис.4). Періодично відходи передаються у відповідні центри переробки. Промислові підприємства доставляють свої небезпечні відходи безпосередньо до відповідних переробних компаній.



Рисунок 2. Збирання біологічних відходів в зелений контейнер та змішаних відходів у пакет із спеціальною (червоною) маркою



Рисунок 3. Сміттєвоз

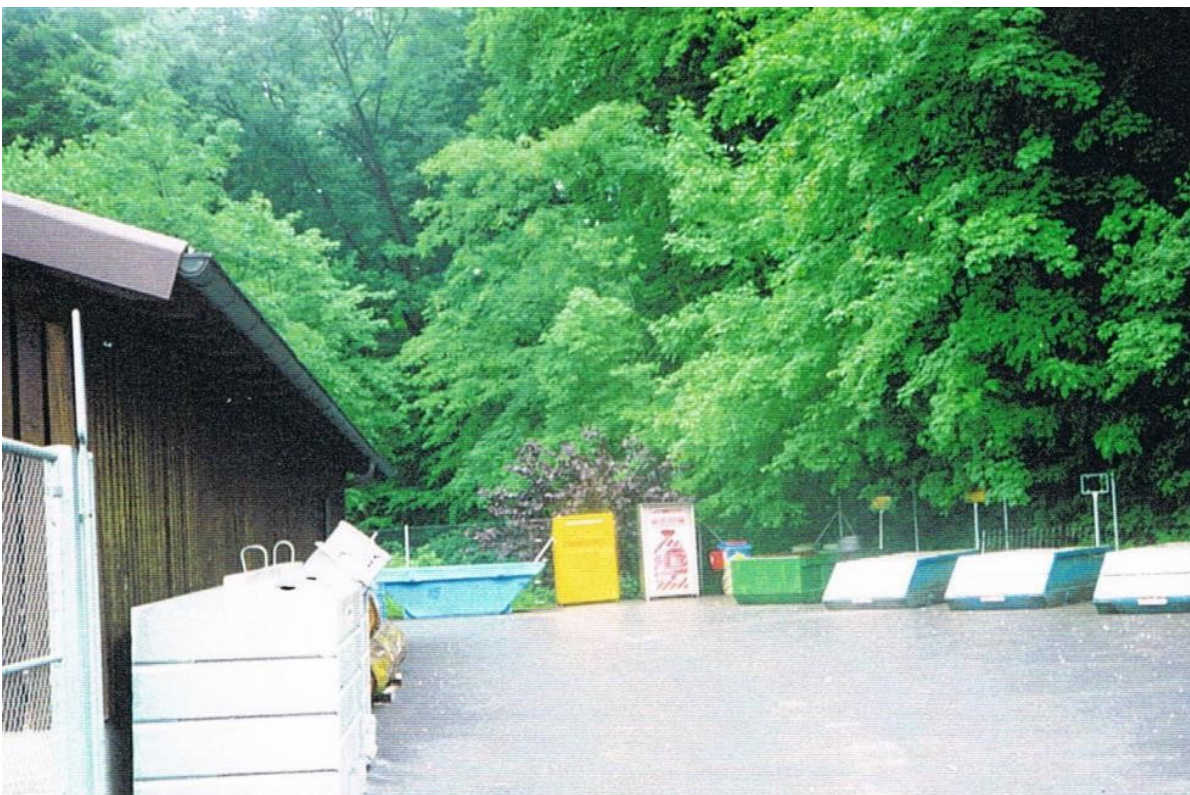


Рисунок 4 - Сучасний центр для роздільного збору паперу, використаної олії, картону, інертних матеріалів, скла, металів, будівельних відходів, небезпечних відходів, електроніки

Мета утилізації відходів

Утилізація відходів використовується, зокрема, для наступних цілей:

- отримання вторинної сировини;
- повторного використання;
- отримання енергії;
- переведення відходів в інертний стан;
- хімічна або фізична детоксикація;
- іммобілізація забруднювальних речовин.

Першим етапом є з'ясування вимог та специфікацій щодо обраного способу утилізації.

Другий етап – визначити, які відходи доставляються, в якій формі та кількості.

Третім етапом є з'ясування того, що потрібно зробити із відходами, щоб отримати з них необхідну продукцію. Наприклад, для спалювання або захоронення відходів на сміттєзвалищі не потрібна попередня обробка відходів.

Останнім етапом є визначення технічної та фінансової доцільності переробки відходів.

Сміттєзвалища побутових відходів

Побутові відходи у багатьох країнах складаються на сміттєзвалищах без жодної обробки. Це дуже економічний, але дуже шкідливий для навколишнього середовища спосіб. Вимивання токсичних речовин із сміттєзвалища (за рахунок опадів) робить підземні води непридатними для споживання людиною.

У табл. 1 наведені діапазони концентрацій деяких речовин у рідині (фільтраті), яка вимивається із сміттєзвалищ.

Таблиця 1. Склад фільтрату сміттєзвалищ

Параметр	Розмірність	Діапазон концентрації
ХСК	мг/л	100–10000
БСК5	мг/л	20–5000
NH ₄ ⁺	мг/л	50–2500
Cr	мг/л	0–330
Pb	мг/л	0–200
Cu	мг/л	0–200
Ni	мг/л	0–200
Zn	мг/л	0–600
Hg	мг/л	0–20
Cd	мг/л	0–50
Електропровідність	мСм/см	2000–25000
Неспалювальний залишок	мг/л	800–10000

Однак газоутворення призводить до неконтрольованого горіння відходів або вибуху при концентрації газу більше 5%.

Крім того, не можна виключати наявність токсичних речовин.

Є детальні рекомендації ЄС щодо будівництва нових сміттєзвалищ. Вони включають, зокрема, укладання водонепроникної плівки на дні сміттєзвалища, облаштування систем збору фільтрату і звалищного газу, а також належне документування доставки відходів. Максимально допустимий вміст загального органічного вуглецю – 5%.

При рекультиватії сміттєзвалища обов'язковим є засипання його землею і висаджування рослин з глибоким та поверхневим корінням. Крім того, необхідні такі дані щодо стану сміттєзвалища:

- визначення об'єму та якості фільтрату;
- вивчення геологічної ситуації;
- відомості про час заповнення сміттєзвалища;
- моніторинг газоутворення;
- відомості про тип захоронених відходів і оператора сміттєзвалища.

Результати обробки цих даних дадуть можливість розробити необхідні заходи для сміттєзвалища.

Спалювання побутових відходів

В Швейцарії всі побутові відходи спалюються з 1970-х років з метою виробництва електроенергії та гарячої води. Побутові відходи не піддаються попередній обробці. Коефіцієнт утилізації може бути розрахований на основі калорійної цінності відходів. Теплова ефективність становить близько 85%, а електрична ефективність турбіни становить 35%. Стандартна потужність сміттєспалювального заводу становить від 150000 до 200000 т/рік. Температура спалювання – 850-900°C. Система очищення газів зазвичай працює у 3 етапи. Кисле середовище (рН близько 1) використовується для вилучення HCl, HF, важких металів та пилу, лужне середовище (рН = 8, створюється за допомогою NaOH) – для вилучення SO₂, потім нейтральне середовище (Са та активоване вугілля) – для вилучення Hg, діоксинів і фуранів, суміші вуглеводнів використовуються в сухих системах очищення. Видалення NO_x відбувається за допомогою NH₃. Відпрацьовані гази контролюються шляхом постійного вимірюванням концентрації CO, SO₂, NO_x, O₂, HCl, пилу та додаткових фізичних параметрів (об'ємний потік, тиск у камері горіння, температура). Для спалювання побутових відходів потрібні певні знання (рис. 5): забезпечення коректних значень параметру λ , тиску, витрати, температури. Параметр λ впливає на процес горіння:

< 1 занадто мало повітря, утворення CO,
> 1 теоретично ідеальне значення, > 1 занадто багато повітря.

Якщо виключити споживання енергії для власних потреб, то залишається приблизно 0,5 МВт*год на 1 тону відходів. Ця енергія покриває близько 10% потреби домогосподарств, відходи яких утилізуються в цій системі.

Стандартний сміттєспалювальний завод має такі характеристики (рис.6,7,8):

- потужність 120000 т/рік побутових і комерційних відходів від 260000 жителів;
- при калорійній цінності відходів 8400 кДж/кг (мінімальне значення) і 7000 год/рік роботи, завантаженість складає 17,14 т/год;
- теоретична кількість енергії – 143 ГДж/год або 40 МВт;
- при ефективності спалювання 85%, доступними є 35 МВт/т енергії;
- виробляється близько 50 т/год перегрітої пари тиском 40 бар і температурою 400°C;
- при ефективності роботи турбіни 35%, генерується 11 МВт/т електроенергії;
- приблизно 86000 м³ відпрацьованих газів утворюється при значенні параметру λ 1,5–2 (при 11% O₂). Розміри витяжної системи з індукованою тягою залежать від λ , типу відходів та системи охолодження.



Рисунок 5 - Утворення діоксинів і NO_x в залежності від температури

1 тону побутових відходів відповідає 250 кг нафти або 250 м³ природного газу або 2500 кВт/т. При цьому виробляється 2,5 тонни пари тиском 40 бар і температурою 400°C, генерується приблизно 0,7 МВт*год електроенергії.

Зменшення об'єму відходів внаслідок спалювання становить приблизно 90–95%, зменшення маси – від 75 до 85%. Зола і шлак інертні, неактивні.

Утворення діоксинів залежить від температури спалювання. Отже, регулювання температури є одним з важливих параметрів.

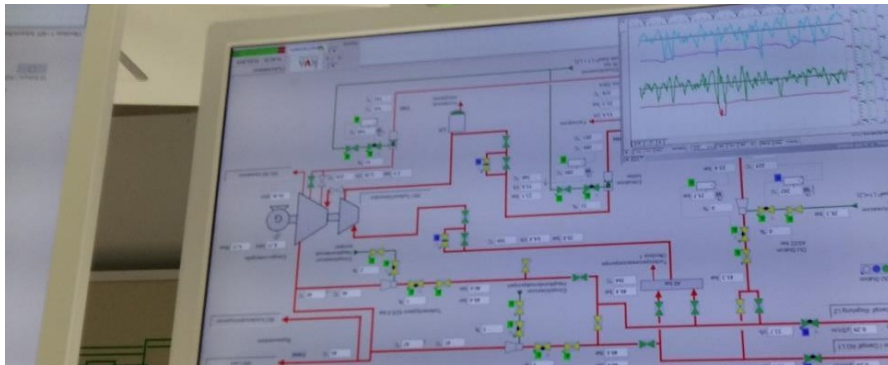


Рисунок 6 - Панель контролю сміттєспалювального заводу

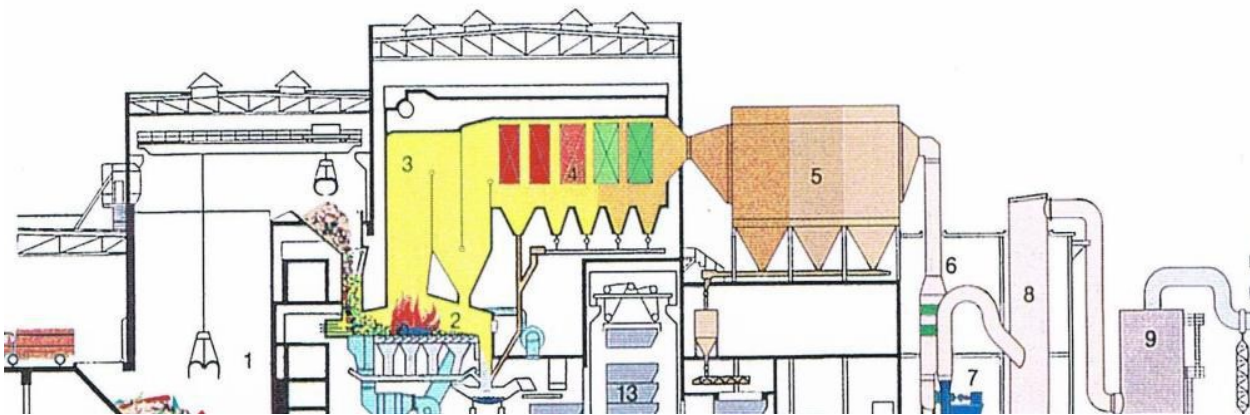


Рисунок 7 - Схема стандартного сміттєспалювального заводу:

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 – бункер для відходів, | 8 – скруббер відхідних газів |
| 2 – камера спалювання із решіткою | 9 – вологий електростатичний осаджувач |
| 3 – камера доспалювання | 10 – вилучення NO _x |
| 4 – бойлер, теплообмінник | 11 – вилучення діоксинів |
| 5 – електростатичний пилоосаджувач | 12 – труба |
| 6 – економайзер | 13 – видалення шлаку і попелу |
| 7 – вентилятор з примусовою тягою | |



Рисунок 8 - Сміттєспалювальний завод

Існують також інші типи сміттєспалювальних установок, наприклад муфельна піч, шахтна піч, камерна піч, спалювальна установка із псевдозрідженим шаром. Всі ці види використовуються лише у особливих випадках.

Процес сортування відходів

Спочатку потрібно з'ясувати мету сортування та якість відсортованих матеріалів. Існують різні можливості та установки.

Сортувальна лінія. Після автоматичного відкриття пакетів відходи розміщуються на лінії. Деякі відходи, наприклад, ПЕТ- і скляні пляшки або алюмінієві банки, можна відбирати вручну. Якщо пакувальні матеріали збираються окремо (як у Німеччині), то така система сортування є прийнятною. Перевантаження (непридатна для використання частина відходів) становить більше 50 %.

Продуктивність сміттєсортувальної лінії становить близько 5 т/год з 6 місцями розвантаження.

Інша сортувальна система використовується для відділення «легкої» фракції відходів (паперу та пластику). Відходи також розміщуються на лінію, якою вони транспортуються із заданою швидкістю, на висоті близько 4 м. В кінці лінії відходи падають вниз і автоматично розділяються за вагою та швидкістю падіння за допомогою вентилятора. Інша система розділяє відходи за допомогою обертового барабанного сита із діаметром отворів 15 см. Ця легка фракція відходів використовується як альтернативне паливо замість вугілля в системах опалення та цементних заводах. На цементних заводах потрібно багато енергії. У клінкерній зоні температура повинна бути не менше 1450 °С. Існує два способи подачі альтернативного палива – або у вигляді дрібних частинок (3 см) через передній отвір, або у вигляді спресованого матеріалу через «холодний» кінець печі. Час горіння альтернативного палива слід розраховувати з урахуванням клінкерної зони. Таким чином можна замінити близько 50 % вугілля.

Утилізація медичних відходів

Закриті бочки і пакети з медичними відходами повинні спалюватися або в невеликих сміттєспалювальних установках лікарні або на сміттєспалювальних заводах.

В деяких країнах також практикується стерилізація при температурі 120°C парою у закритих ємностях, але в Швейцарії це заборонено, оскільки повна дезінфекція при цьому не гарантується.

Загальні аспекти утилізації небезпечних відходів

Тип необхідної установки залежить від токсичності і складу відходів. Метою утилізації є детоксикація і стабілізація або за рахунок хімічних процесів, або шляхом змішування зі спеціальним стабілізуючим матеріалом.

Переробка залежить від виду відходів. Водні рідини переробляються на заводах фізико-хімічної переробки. Тверді небезпечні відходи і розчинники спалюються при високій температурі. Прилади та обладнання необхідно розбирати та відокремлювати токсичні елементи.

Утилізація твердих небезпечних відходів

Замість спалювальної решітки, що використовується для побутових відходів, для небезпечних відходів використовується обертова піч. Під час спалювання відходи перемішуються внаслідок обертання і забезпечується їх повне окислення. Температура повинна становити близько 1200 °С протягом хоча би 3-х секунд, щоб зруйнувати всі токсичні сполуки. Попіл розплавляється і стікає в кінець печі. Попіл і шлак потім перетворюються на нерозчинне чорне скло. Продуктивність спалювальної установки зазвичай становить близько 5 т/год. Небезпечний шлам та розчинники перекачуються у піч через передній отвір. Очищення відпрацьованих газів таке саме як на сміттєспалювальних заводах для побутових відходів. Особливої уваги потребує утворення NOx.

Утилізація небезпечних рідин

На заводах з фізико-хімічної переробки (рис. 9–11) детоксикація неорганічних рідин здійснюється шляхом відновлення, окислення та нейтралізації, а також шляхом контрольованого осадження, флокуляції, фільтрації. Відповідно до типу рідини необхідні різні процедури та

додавання різних хімічних речовин. Всі небезпечні рідини повинні бути проаналізовані та зберігатися окремо в резервуарах.

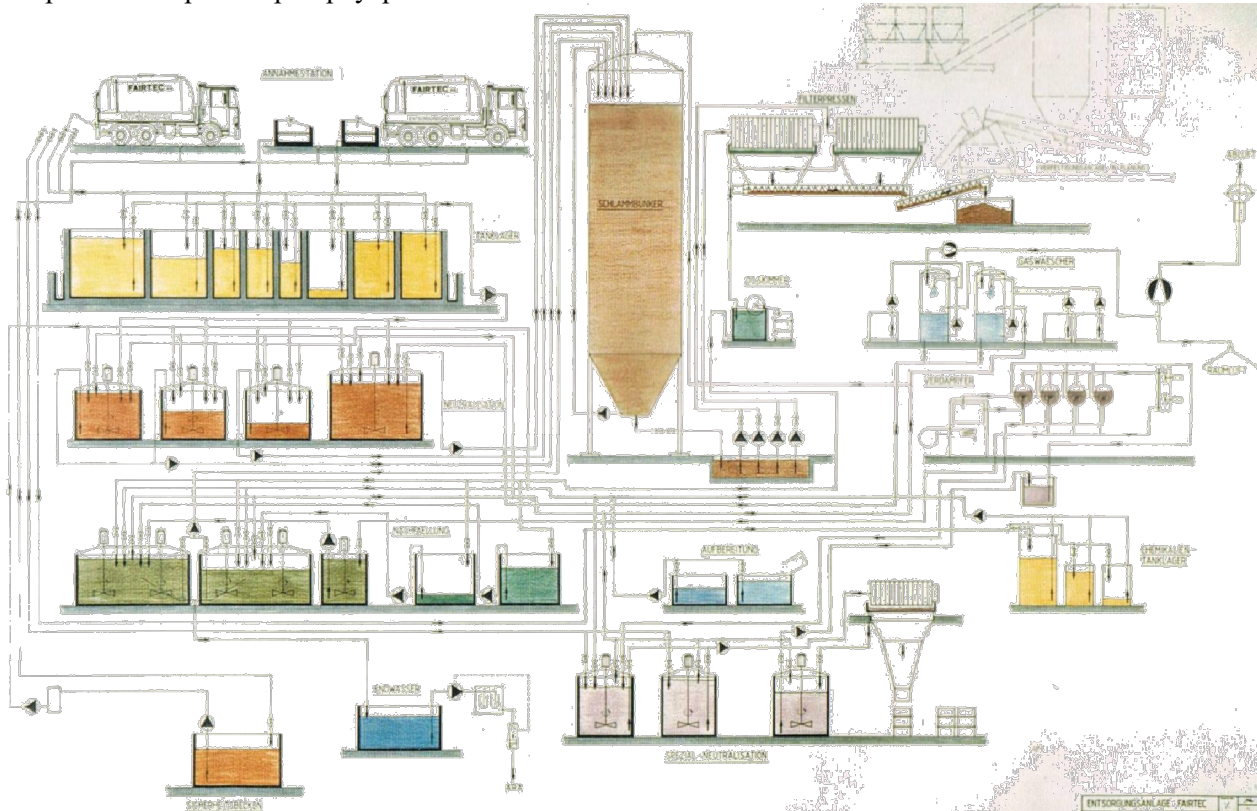


Рисунок 9 - Схема заводу з фізико-хімічної переробки

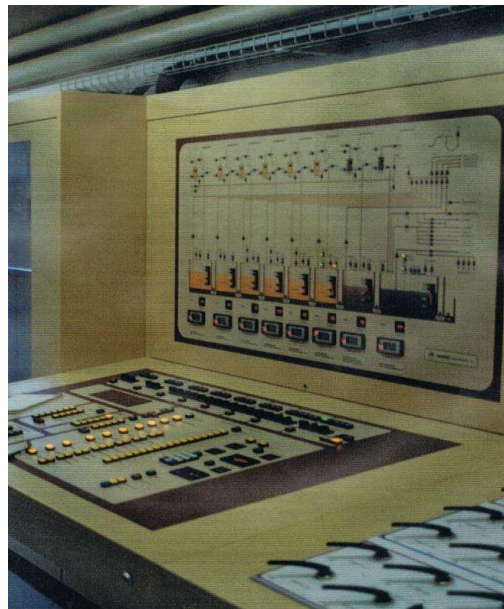


Рисунок 10 - .Панель керування резервуарами

Процедури детоксикації рідин представлено в таблиці 2:

1. Ціаніди. Окислення гіпохлоритом натрію при рН 10 (з утворенням гідроціанідних кислот). Осадження залізом Fe(II) або Fe(III) з утворенням гексаціаноферрату при рН 8,5.
2. Нітриди. Окислення гіпохлоритом або пероксидом. Відновлення сечовиною (рН 3–5) або сульфаміновими кислотами.

3. Ртуть. Перетворення Hg(I) в Hg(II) гіпохлоритом натрію, осадження лугом і потім сульфідом натрію. Випаровування ртуті при 600°C.

4. Хромати. Відновлення Cr(VI) до Cr(III) солями Fe(II) або сульфідом натрію. Осадження з іншими важкими металами лугом (таблиця 2 і рис.12).



Рисунок 11 - Завод з фізико-хімічної переробки

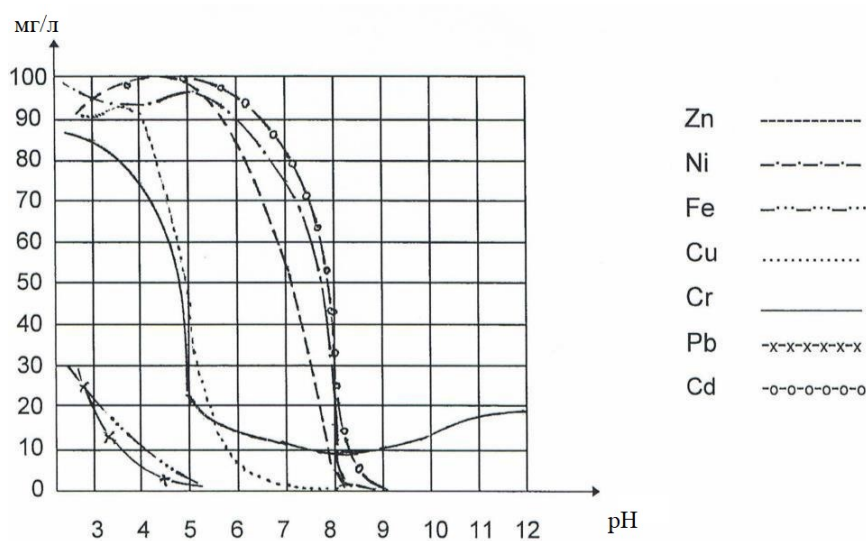


Рисунок 12 - Осадження важких металів в залежності від рН

Після флокуляції та фільтрації за допомогою камерного фільтрувального пресу продукт осадження має вологість 50 % і може бути переведений у твердий стан за допомогою цементу.

Розділення емульсій проводиться при рН 1–2 шляхом сепарації або перекачування. Якщо необхідне зменшення ХСК (хімічного споживання кисню), то його здійснюють шляхом адсорбції або окислення за допомогою H_2O_2 або перегонкою.

Утилізація будівельних відходів

В більшості випадків для забруднених будівельних відходів достатньо процесу миття. Ця вода потім повинна бути оброблена, як показано вище, на заводах з фізико-хімічної переробки.

Таблиця 2 - Умови осадження металів

Метал	осадження		Кінцева концентрація	Значення рН для повторного розчинення	Фактор осадження	
	від рН	до рН				
Cu	5,8	7,5	1 ppm			K, N
	5,5	7,0	1 ppm			S
Zn	7,5	8,8	2 ppm	10,5		N
	7,0	8,5	1 ppm			K
	7,2	9,5	1 ppm	10,5		S
Ni	7,8	9,5	2 ppm			N, K, (S)
Cd	9,0	10,5	2 ppm			N, K
	7,0	8,0	0,5 ppm			S
Pb	6,5	10,0	1 ppm			N, K
	5,5	6,3	1 ppm			S
Fe (III)	3,0	4,0	0,1 ppm			N,K,S
Fe (II)	5,5	9,0	1 ppm			N,K,S
Al	4,5	5,5	1 ppm	8,5		N,K,S
Cr (III)	6,0	7,0	1 ppm	8,8		N
	6,5	7,5	1 ppm			K
	6,0	6,8	10 ppm	7,3		S

* N – гідроксид натрію, K – вапняне молоко, S – карбонат натрію.

Утилізація органічних відходів компостуванням

Якщо вимоги до енергоспоживання, запаху, наявності місця та тривалості процесу невисокі, то компостування є дуже простим і дешевим (рис.12). Біологічні відходи, такі як обрізки дерев, осад побутових стічних вод, відходи закладів харчування повинні, потрібно перемішати та подрібнити до розміру 5–10 см. Матеріал складається на сільськогосподарських територіях в купи висотою 3 м і з основою 6–8 м. Протягом 12 тижнів матеріал перемішують і повторно складають 4 рази. Час компостування залежить від вологості, типу та консистенції відходів, притоку повітря, температури, конструкції. Матеріал необхідно захистити від дощової води. Менші компостні ємності для меншої кількості відходів (наприклад, в приватних господарствах) не перевищують у висоту і ширину 1м. Довжина ємності розраховується відповідно до обсягу відходів. Також необхідно перемішувати відходи через 3 місяці. Процес компостування потребує повітря і для полегшення проникнення повітря, наприклад, можна використовувати невеликі частини дерева або інших матеріалів. Процес компостування закінчується через 1 рік, і матеріал можна використовувати як добриво для фермерів або в саду. Після просіювання його можна продавати.



Рисунок 12 - Компостування

Анаеробні процеси утилізації органічних відходів

Подрібнені відходи поміщають у закритий контейнер (ферментатор). Вологість відходів становить близько 50–60 %. За відсутності повітря відбувається ферментація анаеробними мікроорганізмами (рис. 13). Тільки деревина не ферментується через лігнін.

Температура реакцій становить приблизно 50–60 °С. Ступінь розкладання відходів та утворення метану через 2 тижні становить 40–50 %. Утворення газу складає близько 150 м³/т відходів з приблизно 60% вмістом метану, що відповідає 58 л нафти. Біогаз має енергетичну цінність 6,27 кВт/м³ (природний газ має 9,86 кВт/м³). У ферментаторі є завантажувальний пристрій, який повільно обертається, транспортує відходи і відокремлює рідку їх частину. Після анаеробного процесу відходам потрібно не менше 6 місяців для аеробного компостування. У деяких випадках необхідне просіювання, а також контроль вмісту пластику. Кінцевий продукт містить 40 % компосту і 40 % рідких добрив. Законодавчими актами країн встановлюють граничний вміст важких металів у компості.

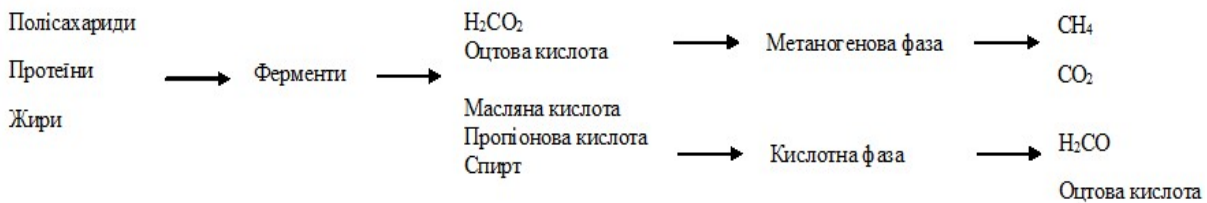


Рисунок 13 - Процес переробки біомаси

Переробка радіоактивних відходів

Радіоактивність – це спонтанне розщеплення нуклідів. Результатом є утворення α - (нейтрон/протон), β - (електрон), γ - (енергія) випромінювання. За повної відсутності радіоактивності неможлива еволюція.

Існує наземне випромінювання від землі (наприклад, граніту) та космічне випромінювання. Радіоактивні відходи також випромінюють радіацію. Тип, рівень енергії, час та особливості розщеплення нуклідів наведені на рис. 14, 15.

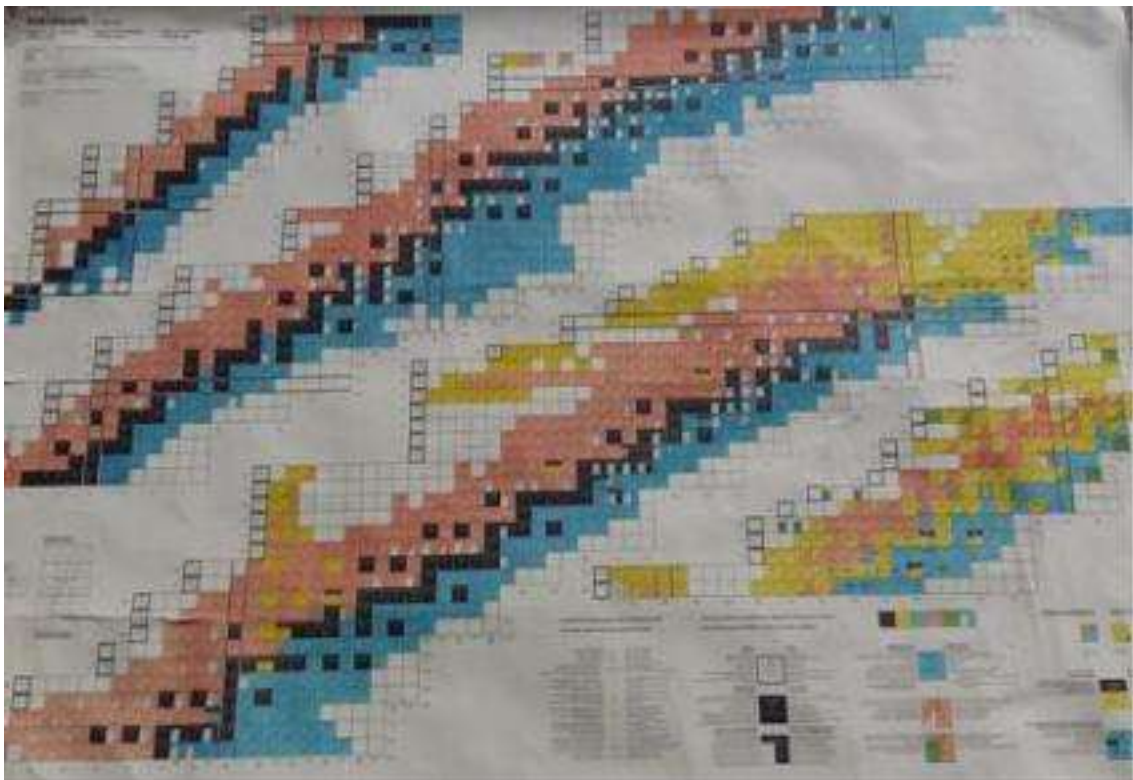


Рисунок 14 - Таблиця радіонуклідів

Усі нукліди мають певний період напіврозпаду. За цей час половина кількості нуклідів перетворюється на інші нукліди або стабільний матеріал, який більше не є радіоактивним. Це експоненційне зниження радіоактивності.

Радіоактивні відходи – це матеріал, забруднений різними нуклідами.

Element	Isotope	Half-life	Decay Mode
W	W 175	34 m	α 0,033-0,10
	W 176	2,5 h	α 0,03-1,30
	W 177	2,2 h	kein γ
	W 178	22 d	α 0,29, 0,40, 0,40...
	W 179	5 m / 38 m	α 0,22 / α 0,031
	W 180	0,135 a	α 20
	W 181	1,82 a	α 0,001-1,54
Ta	Ta 174	1,3 h	α 0,09-0,35
	Ta 175	10,5 h	α 0,12, 0,21, 0,27...
	Ta 176	8,1 h	α 1,16, 1,7, 1,8, 1,6...
	Ta 177	56,6 h	α 0,11, 0,21...
	Ta 178	9,25 m / 2,2 h	α 0,9 / α 0,33
	Ta 179	~600 d	kein γ
	Ta 180	8,1 a	α 0,001-1,54
Hf	Hf 173	23,6 h	α 0,12, 0,30...
	Hf 174	0,16 a	α 2·10 ⁻⁴ a
	Hf 175	70 d	α 0,34...
	Hf 176	5,20 a	kein γ
	Hf 177	1,1 s / 18,50 a	α 0,21 / α 0,33
	Hf 178	3,16 a	α 0,11, 0,21...
	Hf 179	13,8 a	α 0,001-1,54
Lu	Lu 172	3,7 m / 6,7 d	α 0,042 / α 1,09
	Lu 173	1,37 a	α 0,27, 0,079...
	Lu 174	157 d / 3,6 a	α 0,045 / α 0,09, 0,07
	Lu 175	97,41 d	α 1,24
	Lu 176	2,59 a	α 3,68 h / α 3·10 ⁻⁴ a
	Lu 177	155 d / 6,7 d	α 0,2 / α 0,5
	Lu 178	1,26 a	α 0,41 / α 0,21

Рисунок 15 - Деталі таблиці радіонуклідів

Радіоактивні відходи утворюються в науково-дослідних центрах, промисловості, лікарнях та на атомних електростанціях. Їх кількість дуже невелика. У Швейцарії працює 5 атомних електростанцій, два ядерних дослідницьких центри та кілька лікарень, на яких за 40 років утворилось та зберігається лише близько 5000 м³ відходів. Для всіх ємностей зберігання є документація з усією необхідною інформацією.

Умови зберігання радіоактивних відходів повинні гарантувати безпечність до часу досягнення природного рівня радіації внаслідок експоненційного зменшення випромінювання, фактично протягом періоду напіврозпаду (рис. 16).



Рисунок 16 - Кімната для зберігання середньо- і низькорадіоактивних відходів

Радіоактивні відходи поділяються на 3 групи: високо-, середньо- та низькорадіоактивні. Токсичність залежить від їх нуклідів. Тому всі відходи необхідно контролювати та аналізувати на наявність всіх радіонуклідів. Тоді можна розрахувати час, після якого радіоактивні відходи стануть звичайними відходами.

Високорадіоактивні відходи

Джерелами високорадіоактивних відходів є відпрацьоване паливо з атомних електростанцій, промисловість та медицина. Відпрацьоване паливо зберігається у басейні з борною кислотою до безпечного транспортування в центр переробки або до підземного сховища у стійких гірських породах, де є прийнятний рівень радіації. Але зараз також тривають дослідження шляхів повторного використання цього палива на атомних електростанціях нового покоління як палива, яке працює з високоенергетичними нейтронами.

Джерела радіоактивного випромінювання зазвичай екрануються свинцевим поглиначем і надійно зберігаються в бочках.

Середньорадіоактивні відходи

Середньорадіоактивні відходи включають фільтри для очищення систем первинної рециркуляції води на атомних електростанціях. Зола та шлак від спалювання радіоактивних відходів також мають вищий рівень радіоактивності, але деякі джерела мають лише помірну радіоактивність. Ці відходи екранують, а потім розміщують у 200-л бочках із цементом або бітумом.

Низькорадіоактивні відходи

Низькорадіоактивні відходи включають забруднений одяг, забруднені матеріали від перевірок установок у первинній зоні атомних електростанцій, повітряні фільтри системи рециркуляції первинного повітря тощо.

Ці матеріали спалюють у спеціальній закритій сміттєспалювальній установці. У Швейцарії працює електродугова спалювальна установка. Температура становить близько 11000 °C і весь матеріал розплавляється. З утвореними чорним склом та пилом від фільтрів поводяться як із відходами відповідно до рівня їх небезпечності.

Загальні аспекти рециклінгу відходів

У багатьох випадках переробка відходів – це лише дорога мрія (рис. 17). Дуже часто перероблений матеріал не може відповідати тим вимогам, які висуваються до сировини. У деяких випадках роздільний збір проводиться через токсичність відходів, а не для їх повторного використання. У цій ситуації першим завданням і обов'язком є пошук покупця, який придбає продукт переробки. І тоді можна перевірити, як можна отримати цей продукт з існуючих відходів. Фінансовий розрахунок показує, хто має сплачувати за переробку (рециклінг) відходів (рис. 18). Існують різні моделі:

- Система попередньої оплати. Споживач платить у момент, коли він купує товар. Деяка сума з цього першого платежу йде на поводження з відходами та переробку.
- Плата в момент доставки відходів у центр збирання.
- Депозит. Споживач сплачує депозит і отримує його назад у момент повернення пакувального матеріалу. Субсидія від уряду.

Відновлені матеріали і продукція рециклінгу

Для таких матеріалів застосовується рециклінг:

Скло: скляна цегла, скловата для ізоляції. Можливі проблеми: різні температури плавлення.

ПЕТ-пляшки: пластикові вироби. Можливі проблеми: кришки виготовлені з іншого типу пластику, етикетки, клеї, велика кількість різних типів ПЕТ.

Пластикові пляшки: альтернативне паливо. Можливі проблеми: суміш різних пластиків ПЕ, ПЕТ, ПВХ та ін.

Батарейі: відновлення ртуті та інших металів. Можливі проблеми: токсичність.

Папір: картон, папір, пакувальний матеріал. Можливі проблеми: відбілюючі агенти, чорнила.

Біологічні відходи : виробництво газу, органічного добрива. Можливі проблеми: добавки, сторонні речовини.

Використана олія: паливо для цементних і сміттєспалювальних заводів. Можливі проблеми: суміш розчинників.

Шини: нові шини, альтернативне паливо на цементних заводах. Можливі проблеми: не у всіх країнах дозволено виготовляти нові шини із старих.

Деревина: дерево-стружкові плити. Можливі проблеми: відсутність кольору і покриття.

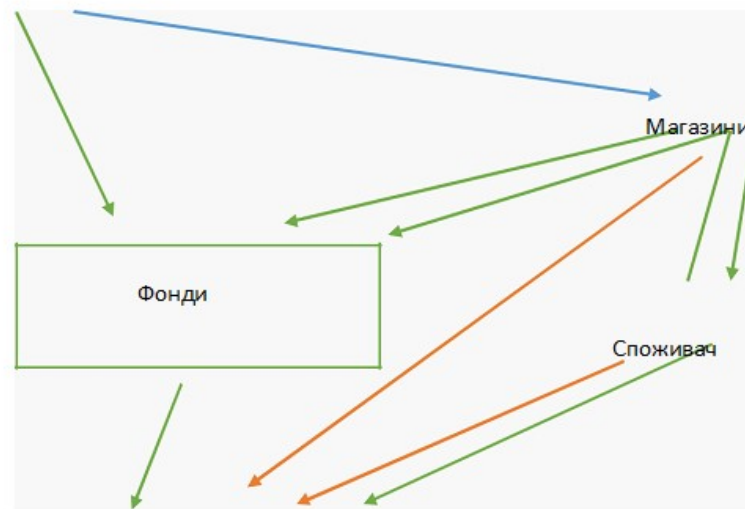
Змішані відходи: спалювання і виробництво електроенергії та гарячої води.

Метали: сортування і переплавлення для повторного використання



Рисунок 17 - Рециклінг

Імпортери
Виробники



Центр рециклінгу
Повторне використання
Розбирання
Отримання сировини
Розділення

— Кошти
— Відходи
— Продукція

Рисунок 18 - Різні схеми плати за рециклінг

Висновки та майбутні перспективи

Донедавна питання відходів ніколи не обговорювалися. Також не було можливості ознайомитися із досягненнями у цій галузі. Сьогодні більшість людей знає, що відходи є «зведеним братом» виробництва, і кожен продукт стане відходом. Для правильного поводження з відходами необхідно багато знань. Але потрібно набагато більше зобов'язань і зусиль. Поводження з відходами потребує знань з менеджменту, хімії, фізики, механіки тощо. Якщо правильне поводження з відходами стане загально визнаною практикою, то стане можливим значне збереження ресурсів Землі.

Але в деяких країнах також необхідно змінити менталітет. Для цієї зміни потрібна мотивація – або законодавством, або грошима, вигодою.

При поводження з відходами надмірне регулювання може знищити інтерес та зусилля у цій сфері. Не все, що є можливим, є потрібним. Для навколишнього середовища набагато ефективніше забезпечити ефективність 80 % скрізь замість 99,9999 % лише в одному місці. Занадто багато правил призводить до загибелі!

Сподіваюся, що ця інформація допоможе вам знайти правильний спосіб зберегти ресурси та майбутнє.

Франз Берхард Сталдер - старший експерт Швейцарський корпус експертів SWISSCONTACT, Швейцарська Конфедерація, почесний професор Вінницького національного технічного університету, *e-mail*: franz_stalder@bluewin.ch

Franz Bernhard Stalder - Senior Expert Swiss Corps of Experts SWISSCONTACT, Swiss Confederation, Honorary Professor of Vinnytsia National Technical University, *e-mail*: franz_stalder@bluewin.ch