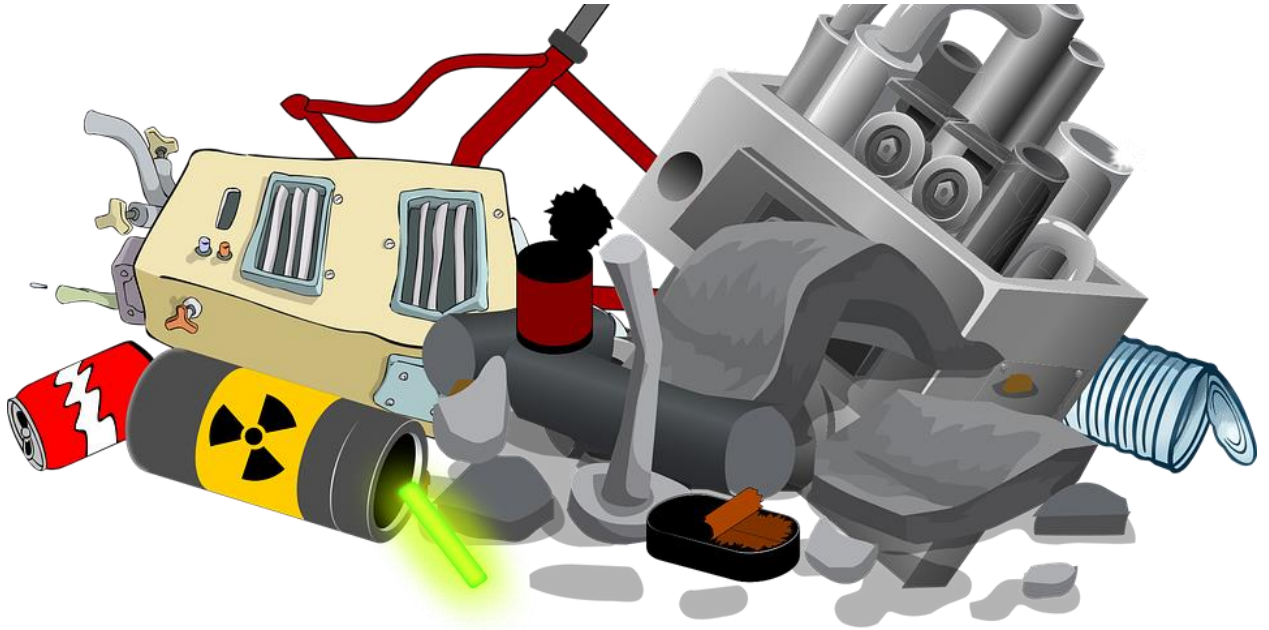


## Радіоактивні відходи: визначення, склад і класифікація



Людство постійно виробляє в результаті своєї життєдіяльності тони відходів. Вони вкрай різноманітні, наприклад, це може бути стара техніка, металобрухт, стічні води, відпрацьоване паливо, порцелянові вироби. Всі ці види відходів та багато інших об'єднує те, що вони можуть бути радіоактивними. Старий пожежний сповіщувач, іржава труба, головка апарату променевої терапії, дідусин годинник зі стрілками, що світяться в темноті... Це лише декілька зразків радіоактивних відходів, які можуть бути неподалік, при цьому ви навіть не знаєте про це. Звідки вони беруться та яку несуть вони загрозу – спробуємо розібратись у цій статті.

### 1. Що таке радіоактивні відходи?

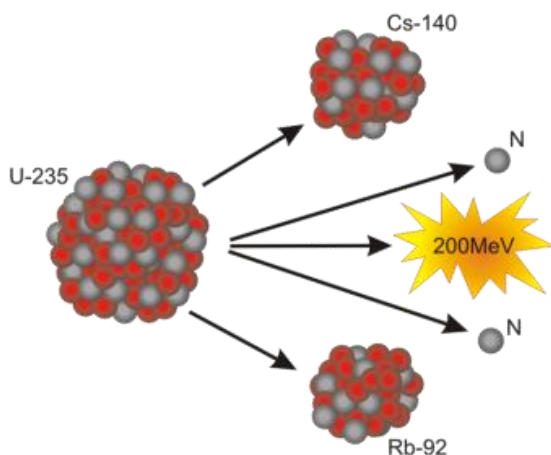
Для початку варто розібратись з визначенням самого поняття «радіоактивні відходи». Так, радіоактивними відходами, згідно із законодавством є матеріальні об'єкти та субстанції, активність (кількість розпадів радіоактивного ядра за одиницю часу) радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені чинними нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається. Що це означає? Якщо у нас є об'єкт (будь-який, наприклад – чашка), активність радіонуклідів в якому перевищує певне значення (чашка забруднена радіонуклідами), і використання цього об'єкта вже не передбачається (ніхто не буде пити з цієї чашки), то він є радіоактивними відходами. Часто під радіоактивними відходами (РАВ) мають на увазі відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП). Тим не менш, в Україні ВЯП не є РАВ, оскільки поводження з ним відрізняється від поводження з РАВ. Хоча у деяких інших країнах (Німеччина, Швеція тощо) ВЯП розглядається як РАВ, і поводяться там з ним відповідно.

Варто відзначити ще один факт. РАВ можуть містити ізомери урану та плутонію, які здатні ділитись. Вони класифікуються окремо як ядерні матеріали (ЯМ), і облік їх ведеться теж окремо, оскільки ці матеріали можна використовувати для створення ядерної зброї.

### 2. З чого вони складаються?

Джерел утворення радіоактивних відходів досить багато. Основним є атомна енергетика. Під час експлуатації АЕС утворюється велика кількість різноманітних РАВ. Це зношене обладнання, предмети з активної зони реактора, фільтри вентиляції, зношений спецодяг, фільтрувальні матеріали, іонообмінні смоли... Список можна продовжувати довго, але радіонукліди, які входять до складу будь-яких з наведених прикладів РАВ від АЕС, належать до однієї з трьох груп: уламки поділу, трансуранові елементи та продукти активації.

Внаслідок реакції поділу початкове велике ядро, поглинувши нейтрон, розвалюється на два уламки поділу, причому уран-235 та плутоній-239 – основні ізотопи, які зазнають поділу в ядерному реакторі – розвалюються на два несиметричних шматки. Як результат утворюються так звані легкі уламки (ядра з атомною масою 85-105 – ізотопи криптону, стронцію, технецію, рутенію, рубідію тощо) та важкі уламки (ядра з атомною масою 120-150 – ізотопи йоду, цезію, барію, церію, прометію). Ці уламки зазвичай бета-радіоактивні. Також для багатьох з них є ймовірність випустити один чи декілька квантів гамма-випромінювання. Більшість уламків поділу розпадаються за відносно невеликий час (дні, тижні). Основну проблему з даних ізотопів становить цезій-137, який має період напіврозпаду близько 30 років. Через 10 періодів напіврозпаду (300 років) його кількість зменшиться у 1000 разів, але до цього часу його внесок буде відчутним.



### ***Зразок реакції поділу ядра***

Альфа-випромінювання – важкі заряджені частинки (ядра гелію), що утворюються в результаті альфа-розпаду. Вкрай небезпечні у разі потрапляння всередину людини, але повністю поглинаються навіть листом паперу.

Бета-випромінювання – легкі заряджені частинки (електрони), що утворюються в результаті бета-розпаду. Мають обмежену проникну здатність, для захисту достатньо алюмінієвої пластини.

Гамма-випромінювання – електромагнітні хвилі високої енергії, що здатні утворюватися при різних типах радіоактивного розпаду. Легко проникають через тіло людини. Для захисту необхідна велика товщина важкого матеріалу, наприклад, свинцю.

Трансуранові елементи утворюються при послідовному захопленні декількох нейтронів у випадку, коли ядро не зазнало реакції поділу. У процесі перетворень утворюються ізотопи непунію, плутонію, америцію та кюрію. Для цих ізотопів характерним є альфа-розпад з досить великим періодом напіврозпаду (плутоній-239 – 24110 років) та можливістю гамма-випромінювання. Також побічним ефектом є виділення достатньо великої кількості тепла. Саме через трансуранові елементи очищення і повернення зони відчуження до господарського вжитку навряд чи буде можливе у найближчій перспективі. Якщо для вищезгаданого цезію-137 для зменшення його кількості у 1000 разів достатньо 300 років, то для плутонію-239 10 періодів напіврозпаду становлять 241100 років.

Ізотопи, що утворились у процесі експлуатації АЕС, містяться не лише у ВЯП. Вони виходять за межі палива, розчиняючись у воді та осідають на трубопроводах, конструкційних елементах тощо. Також, нейтронне випромінювання, утворене в результаті ядерної реакції, діє на конструкційні елементи АЕС та призводить до утворення радіоактивних ізотопів. Прикладами дії нейтронного випромінювання можуть слугувати кобальт-60, що утворюється під час опромінення сталевих деталей, або надважкий ізоотоп водню – тритій, що утворюється під час нейтронного опромінення води. Це явище називається нейтронною активацією.

Також до радіоактивних відходів відносять відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ). Це, наприклад, кобальтові джерела, що використовуються в медицині, ДІВ з радянських пожежних сповіщувачів, дефектоскопи на основі цезію-137 тощо. Вони вже не здатні виконувати свої функції внаслідок недостатньої активності радіонуклідів у них чи з інших причин, але небезпеку для навколишнього середовища та людей вони становлять. Класичним прикладом ДІВ, що перейшли в стан РАВ, є табло та тумблери з світломасами постійної дії (СВД) на основі радію-226, що активно використовувались до 60-х років ХХ століття.

Будь-який об'єкт, забруднений радіоактивними ізотопами, можна класифікувати як РАВ, якщо це забруднення заважає виконувати його функції. Деякі об'єкти можливо дезактивувати, тобто, видалити з їхньої поверхні радіоактивні ізотопи та повернути їх до господарського вжитку. Наприклад, це можна зробити за допомогою спеціальних миючих речовин, отримавши в результаті рідкі РАВ у вигляді дезактиваційного розчину. Якщо використати згадуваний під час визначення РАВ приклад про чашку, то це означає, що цю чашку можна спробувати відмити, вивівши таким чином її з категорії РАВ та отримавши при цьому рідкі РАВ у вигляді тієї води з миючим засобом, якою ця чашка милася.

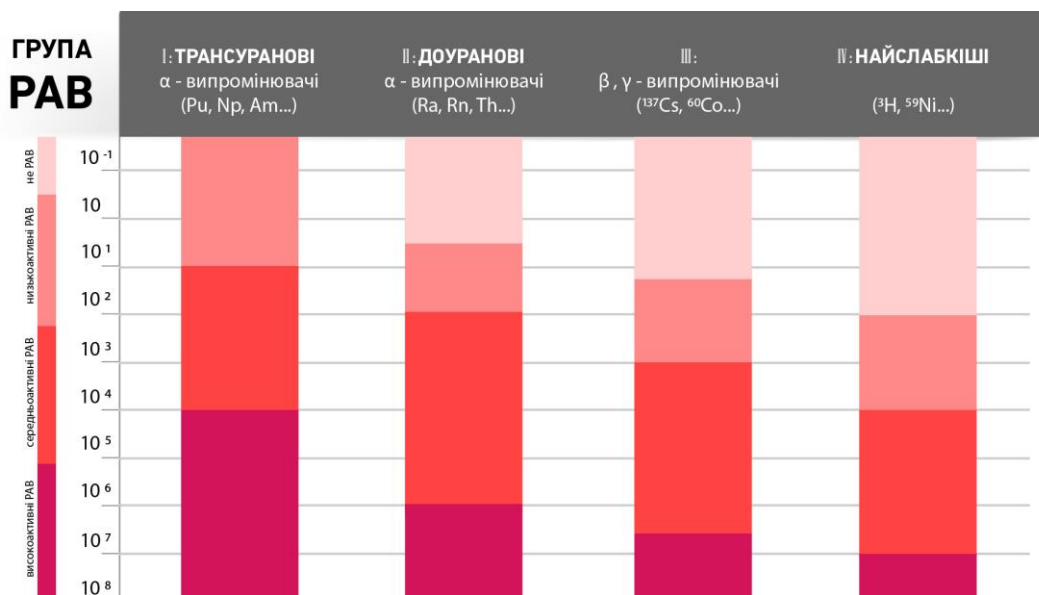
Об'єкти можуть бути забрудненими, у тому числі радіонуклідами природного походження (NORM-відходи, від англійського Naturally Occurring Radioactive Materials). Зокрема, труби бурильних установок можуть бути забрудненими радієм, торієм та ураном, що містяться у складі гірських порід. Порцелянові вироби можуть мати в своєму складі певну кількість урану та торію залежно від родовища, де була видобута глина для їх виробництва.

### 3. Як їх класифікувати?

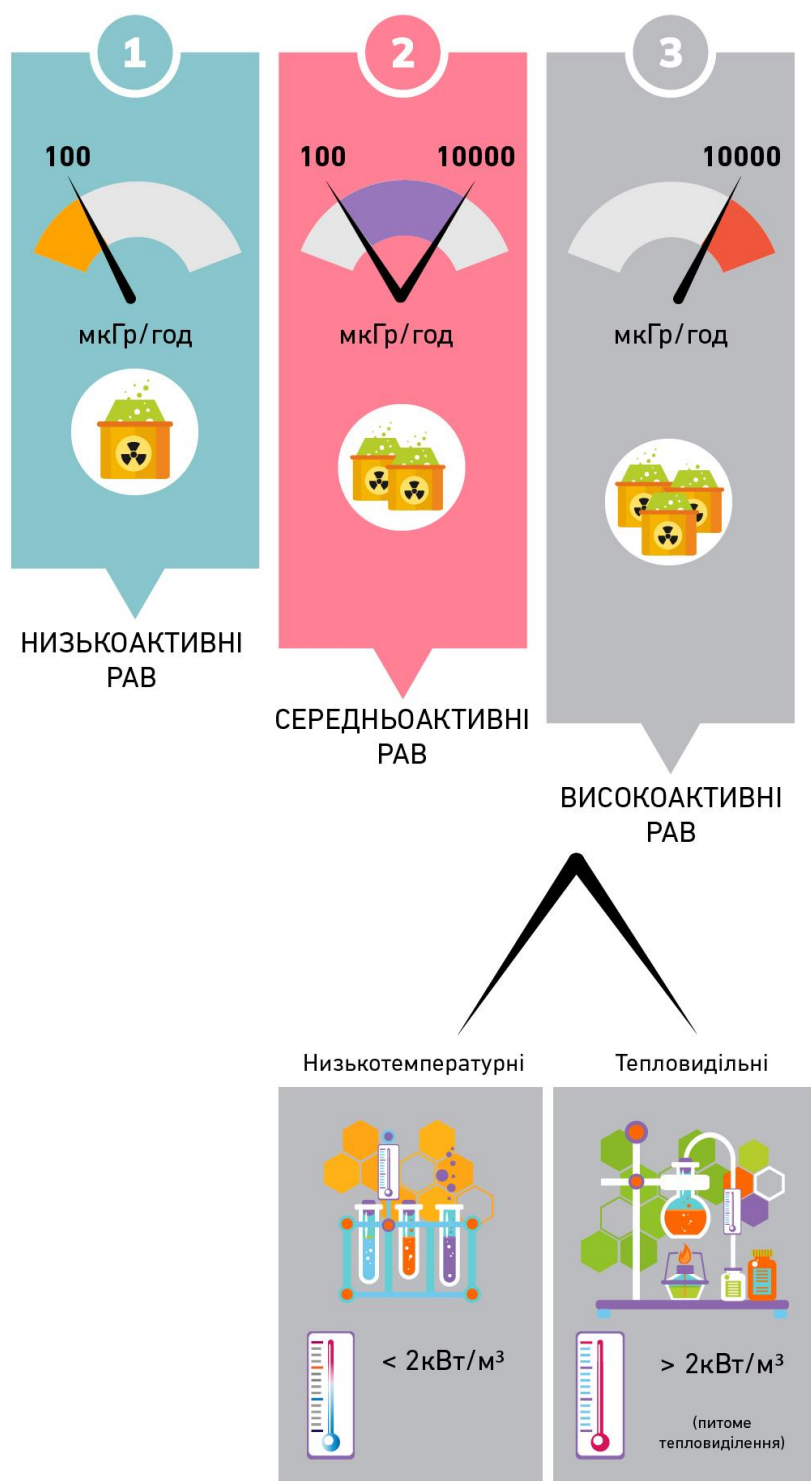
В українському законодавстві прописана класифікація РАВ на основі груп, типів та категорій.

Критерієм розділення на групи є рівень вилучення: це така питома активність, під час якої матеріали починають становити небезпеку для людей. Цей параметр залежить від небезпеки, яку становлять ті чи інші радіонукліди. Так, альфа-випромінювання трансуранових радіонуклідів наносить значну шкоду під час потрапляння всередину людського тіла. Вони випромінюють достатньо інтенсивно, тому їх відносять до першої групи. А, наприклад, нікель-59 має дуже низькоенергетичне бета-випромінювання, яке не настільки загрожує організму, тому його відносять до четвертої групи.

Від рівня вилучення розпочинається категорія низькоактивних відходів. Після перевищення певного значення питомої активності (вони різні для кожної групи) йдуть середньоактивні відходи. Останньою категорією є високоактивні відходи. Схема цього розділення продемонстрована на ілюстрації.

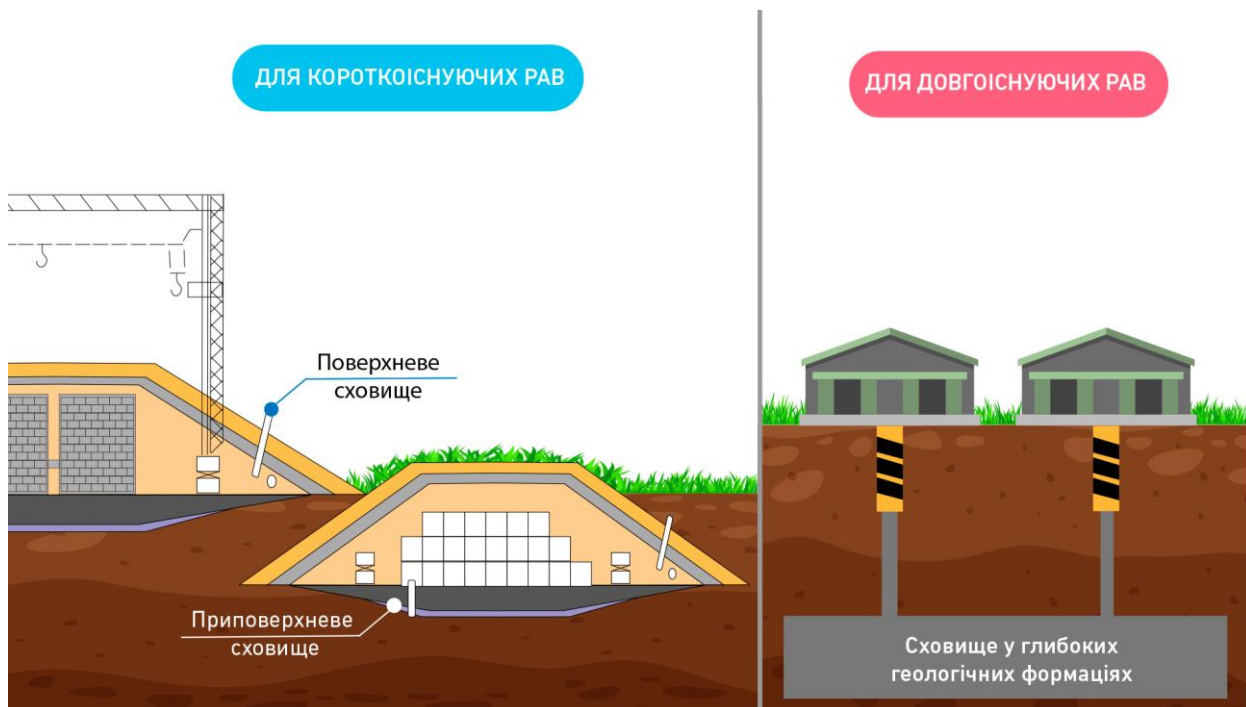


Якщо склад радіоактивних відходів невідомий, то в якості критерію ділення на категорії використовується потужність дози випромінювання на відстані 10 сантиметрів.



Високоактивні відходи складаються з двох підкатегорій, які пов'язані з тепловиділенням цих відходів. Оскільки, як згадувалося, альфа-частинки поглинаються у дуже маленькій товщині матеріалу, то вони передають цьому матеріалу всю свою енергію. За рахунок цього матеріал нагрівається. При великій інтенсивності альфа-випромінювання нагрівання може бути значним. Низькотемпературні відходи мають теплову потужність на одиницю об'єму менше, ніж  $2 \text{ кВт/м}^3$ , тепловиділяючі – більше  $2 \text{ кВт/м}^3$ . Для порівняння, потужність хорошого електрочайника становить близько  $2 \text{ кВт}$ . Тобто, якщо один кубометр радіоактивних відходів видає тепла стільки, скільки й електрочайник, то його можна сміливо відносити до підкатегорії тепловидільних радіоактивних відходів.

Наступною класифікацією є розділення РАВ на типи. Їх всього два – короткоіснуючі та довгоіснуючі відходи. Короткоіснуючі відходи через 300 років можна буде повністю чи частково звільнити від регулюючого контролю, вони на той час не будуть загрожувати довкіллю та людині. Їх можна захоронювати у приповерхневих або поверхневих сховищах. Довгоіснуючі відходи будуть становити небезпеку і після цього терміну, тому їх можна захоронювати лише у глибоких геологічних формаціях.



З метою приведення класифікації РАВ до міжнародних стандартів та згідно з рекомендаціями МАГАТЕ готується удосконалення класифікації РАВ в Україні. Основною ідеєю є те, щоб РАВ можна було класифікувати щодо можливості захоронення у тому чи іншому типі сховищ, які будуть прописані ретельніше, з чіткою прив'язкою до глибини. Це дозволить раціональніше виділяти ресурси на створення сховищ, підтримуючи при цьому достатній рівень безпеки. Також буде введено категорію матеріалів, забруднених радіонуклідами природного походження, що відкриє можливості до поводження з великими об'ємами матеріалів, які у нинішній класифікації не вважаються за РАВ, але вимагають відповідного поводження.

**Управління з питань**

**надзвичайних ситуацій та взаємодії**

**з правоохоронними органами**

**Южноукраїнської міської ради**