

Запорозчук А.\*

## КЛАСИФІКАЦІЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ ВІДПОВІДНО ДО РЕКОМЕНДАЦІЙ МАГАТЕ

*Стаття присвячена дослідженню розробки єдиного підходу до класифікації радіоактивних відходів в рамках Міжнародного агентства з атомної енергії. Автор також розглядає залежність класифікації цих речовин та способів поводження з ними.*

*The article is devoted to the study of unification approach of classification of radioactive waste within the International atomic energy agency. The author also considers how the management of these substances depends on their classification.*

*Статья посвящена исследованию разработки единого подхода к классификации радиоактивных отходов в рамках Международного агентства по атомной энергии. Автор также рассматривает зависимость классификации этих веществ и способов обращения с ними.*

Радіоактивні відходи (РАВ) виробляються на всіх стадіях ядерно-паливного циклу, а також при використанні радіоактивних речовин в медицині, сільському господарстві, промисловості, науково-дослідній сфері. Вони відрізняються за кількістю радіонуклідів, хімічними та фізичними властивостями. Така різноманітність проявляється також і в широкому спектрі варіантів переробки та зберігання РАВ.

Досить важко вести мову про єдність у підходах до класифікації радіоактивних відходів на національному рівні, оскільки держави використовують різні варіанти класифікації відповідно до тих критеріїв, які вони вважають суттєвими, користуються різною термінологією. Існує проблема встановлення послідовної та узгодженої національної політики поводження з радіоактивними відходами, оскільки відсутність єдиного підходу до класифікації ускладнює співробітництво та обмін інформацією між державами.

Міжнародне агентство з атомної енергії вже неодноразово намагалося розробити рекомендації щодо уніфікації підходів до класифікації РАВ. Перші кроки були здійснені у 1970, а потім у 1981 та 1994 роках [1]. Однак ранні системи класифікації, запропоновані МАГАТЕ, не були повними та узагальнюючими, застосовувались не щодо всіх класів та видів радіоактивних відходів, не встановлювався зв'язок між РАВ та способами поводження з ними.

Останні документи МАГАТЕ з серії стандартів безпеки для захисту населення та навколишнього середовища та присвячені класифікації радіоактивних відходів [2] були розроблені для усунення вищевказаних недоліків. Основна їх мета – виробити загальний підхід до класифікації РАВ, сприяти розробці та запровадженню відповідних стратегій

\* аспірант кафедри міжнародного права Інституту міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
Науковий керівник: доц. Григоров О.М.

поводження з радіоактивними відходами, обміну інформацією як на національному, так і на міжнародному рівні. Посібник з безпеки, присвячений класифікації радіоактивних відходів, встановлює межі між різними класами радіоактивних відходів, його сфера дії розповсюджується на весь спектр цих речовин: починаючи з відпрацьованого ядерного палива, якщо воно вважається радіоактивними відходами, і закінчуючи відходами такого низького рівня активності, що не потребують особливих заходів безпеки. Рекомендації, вироблені в рамках довідників з безпеки застосовуються щодо відходів різного походження, включаючи відходи, що виникають внаслідок діяльності різних ядерних установок, діяльності науково-дослідних та медичних установ, а також щодо відходів, що виникають в результаті аварій.

Класифікація є необхідною умовою створення узгодженою системи елементів та встановлення комплексних зв'язків між ними. Класифікація радіоактивних відходів має значення як на рівні розробки стратегії поводження, планування та спорудження установок для поводження з РАВ, так і під час оперативної діяльності, організації роботи з відходами, при наданні роз'яснень потенційну небезпеку, котра виникає під час поводження з різними видами радіоактивних відходів, веденні обліку РАВ. Для класифікації слід враховувати певні види та властивості радіоактивних відходів, їх особливості (наприклад, виділення тепла). Основними цілями класифікації є: 1) вироблення стратегії поводження з радіоактивними відходами; 2) проектування та будівництво установок для поводження з РАВ; 3) розробка та удосконалення законів; 4) встановлення регулюючих критеріїв; 5) визначення та надання широкого тлумачення поняттю потенційної шкоди, що пов'язана з різними видами радіоактивних відходів; 6) надання та обмін інформацією на різних рівнях (міжнародному, національному, рівні операторів). Для реалізації всіх цих цілей основними завданнями класифікації є:

- Охоплювати всі можливі види РАВ;
- Бути спрямованою на всі стадії поводження з радіоактивними відходами;
- Відображати зв'язок між відповідними класами відходів та потенційною небезпекою, що пов'язана з ними;
- Не змінювати вже існуючу і загальноприйняту термінологію;
- Бути простою для розуміння;
- Бути загальноприйнятною.

Основними властивостями радіоактивних відходів, що використовуються як критерії для класифікації, є [3]:

- Походження (джерела утворення);
- Радіологічні властивості (напіврозпад, виділення тепла, активність та концентрація радіонуклідів, поверхнєве випромінювання, дози відповідних радіонуклідів);
- Фізичні властивості (агрегатний стан, розмір і вага, сумісність, дисперсність та інші);
- Хімічні властивості (потенційна хімічна небезпека, стійкість від корозій, органічні складові, виділення газу, реактивність);
- Потенційна біологічна небезпека;

Класифікація радіоактивних відходів не має імперативного характеру. Вона має рекомендаційний характер, і держави залишають за собою право обрати чи не обрати такий підхід. Відповідно до класифікації МАГАТЕ виділено 6 класів радіоактивних відходів.

1. Очищені радіоактивні відходи. Це відходи, що задовольняють критерій очистки, звільнення чи виключення з-під регулятивного контролю з метою радіаційного захисту.

Вони містять таку незначну кількість радіонуклідів, що не потребує вжиття спеціальних заходів для радіаційного захисту незалежно від того, чи відходи розміщують на звичайних смітниках або ж їх переробляють. Рідкі чи газоподібні відходи викидають в навколишнє середовище під відповідним контролем регулюючого органу. Вони вже не потребують вжиття відповідних заходів з точки зору радіаційного захисту та безпеки.

2. РАВ з дуже коротким періодом напіврозпаду. Відходи, які можна зберігати до їх розпаду протягом кількох років. Вони не підлягають регулятивному контролю. Цей клас включає в себе здебільшого радіонукліди, що мають дуже короткий період напіврозпаду і використовуються в дослідницьких та медичних цілях. Такі відходи можна зберігати до тих пір, поки їх активність не зменшиться до рівня очищених відходів, і тоді з РАВ можна поводитись як зі звичайним сміттям. Прикладами таких радіоактивних відходів є РАВ, що містять іридій-192 та телур-99 [4], а також відходи з промислового та медичного використання. Такий спосіб поводження часто використовують щодо рідких та газоподібних радіоактивних відходів. Основним критерієм віднесення речовин до РАВ з дуже коротким періодом напіврозпаду – це напіврозпад домінуючих радіонуклідів та прийнятна кількість радіонуклідів з більш тривалим періодом напіврозпаду. Оскільки завданням зберігання для розпаду є кінцеве очищення матеріалу, встановлюються відповідна прийнятна кількість радіонуклідів з більш тривалим періодом напіврозпаду. Як правило, більш тривалий період – це 100 днів або навіть менше. До того, віднесення РАВ до радіоактивних відходів з дуже коротким періодом напіврозпаду залежить від часу внесення відходів до класифікації.

3. Радіоактивні відходи дуже низької активності. Значна частина відходів виникає від діяльності та виведення з експлуатації ядерних установок з рівнем активності в межах або трохи вищим, ніж рівень активності, що є необхідним для вилучення матеріалу з-під контролю регулюючого органу. Відходи, що містять природні радіонукліди, утворюються під час видобутку або переробки руд та мінералів. Поводження з такими відходами потребує вжиття заходів для гарантування радіаційного захисту та безпеки, однак обсяг таких заходів є обмеженим у порівнянні з тими, що необхідні для гарантування безпеки відходів вищих класів. Достатнім рівнем безпеки для радіоактивних відходів з дуже низькою активністю є їх розміщення на спроектованій поверхні смітників. Це вважається звичайною практикою поводження з відходами видобування та переробки руд. Деякі держави також використовують цей метод щодо відходів, котрі виникають внаслідок діяльності ядерних установок [5]. До того ж, проектування таких установок коливається від простих і до більш складних систем. Як правило такі системи потребують активного та пасивного інституційного контролю.

Для визначення, чи підпадає певний вид радіоактивних відходів до РАВ з дуже низькою активністю, необхідно дотримуватись критерію прийнятності. Для цього можна здійснити оцінку безпеки відповідно до методів, схвалених регулятивним органом. Багато в чому критерій прийнятності залежить від фактичних умов на ділянці розміщення РАВ, а також від проектування відповідних структур. Окрім того, для відходів, що містять радіонукліди природного походження прийнятні рівні активності є нижчими, ніж ті, що передбачено для відходів, котрі містять радіонукліди неприродного походження.

4. Низькоактивні радіоактивні відходи. Це відходи, при поводженні з якими не потрібно застосування особливих заходів захисту. Радіоактивні відходи, поводженні з якими потрібно застосовувати особливі заходи захисту, але не потрібно вживати або ж вживати в обмеженій кількості заходи для вивільнення тепла класифікують як відходи середньої активності. Гранична доза радіації  $2\text{м}^3/\text{р}$  використовується для розмежування цих двох класів відходів.

Відходи з низькою активністю підлягають приповерхневому розміщенню. Клас низькоактивних радіоактивних відходів охоплює досить широкий спектр речовин. До цього класу належать радіоактивні відходи з рівнем активності, який є ненабагато більшим за рівень активності РАВ з дуже низьким періодом напіврозпаду, що не потребує вжиття особливих заходів безпеки, герметичної ізоляції, а також відходи, які завдяки рівню своєї активності потребують вжиття особливих заходів безпеки, герметичної ізоляції.

РАВ низької активності, як правило, виробляються під час експлуатації атомних станцій, тому більшість АЕС намагаються мінімізувати цей процес. Відходи збирають, відбирають, очищують та кондиціонують. Процеси очищення та кондиціонування радіоактивних відходів використовуються для того, щоб перетворити РАВ у форму, що буде придатною для наступних стадій поводження з цими речовинами. Основними задачами процесів очищення та кондиціонування є зменшення об'єму відходів та їх потенційної шкоди. Радіоактивні відходи з низькою активністю зазвичай зберігають у металевих циліндрах, які часто стискають після заповнення для того, щоб зменшити об'єм. Найвизначнішими є й такі способи поводження з низькоактивними РАВ: випалювання металевих відходів, спалювання займистих часток відходів, а також надзвичайне стиснення відходів для зменшення загального їх об'єму.

Основною метою технології спалювання є зменшення об'єму займистих відходів. Вона використовується як щодо рідких, так і щодо твердих РАВ. Сучасні системи спалювання добре сконструйовані, високі технологічні процеси створено для повного та ефективного спалювання відходів. Такі технології мінімізують вироблення викидів в атмосферу. Будь-які гази, що виробляються протягом процесу спалювання, очищуються. Після спалювання попіл, що утворився, містить радіонукліди, котрі, в свою чергу, потребують подальшої обробки. Наприклад, цементації чи бітумінізації – процесу збагачення вуглеводневих сполук.

Стиснення – це більш розвинена та надійна технологія для зменшення об'єму РАВ. Компактори таких систем можуть бути різної маси (від 5 і більше тон, а також сягати більше 1000 тон - суперкомпактори) [6].

Низькоактивні РАВ, що містять дещо більший рівень радіації, зцементовують або ж зберігають у вигляді асфальту чи смоли, а потім розміщують у бетонні контейнери для ізоляції [7]. Як правило, зберігання біля поверхні землі або ж в печерах нижче рівня землі (на глибині у 10 м) також застосовується до РАВ з низьким рівнем активності. Ця технологія застосовується в Чехії, Фінляндії, Франції, Японії, Нідерландах, Іспанії, Швеції, Великобританії та в США [8].

5. Відходи середньої активності. Це радіоактивні відходи, що завдяки своїй будові, а особливо завдяки наявності радіонуклідів з великим періодом напіврозпаду, вимагають більшого ступеня герметизації та ізоляції, ніж той, що надається під час приповерхневого розміщення. Відходи середньої активності не потребують спеціальних заходів або такі заходи застосовуються обмежено для вивільнення тепла під час їх зберігання. Вони можуть містити радіонукліди з великим періодом напіврозпаду, особливо такі, що випромінюють альфа промені, які не можуть розпастися до рівня активності, необхідного та прийняттого для приповерхневого захоронення. Тому відходи цього класу необхідно розміщувати на більших глибинах, від десяти до сотні метрів. РАВ, що мають середній рівень активності, також кондиціонують, цементують і поміщують у бетонні контейнери. У деяких випадках такі відходи можуть помістити у додатковий металевий контейнер. Як правило, такі пакунки використовують під час для транспортування цих речовин. Пакунки мають відповідати міжнародним стандартам, що гарантують безпеку. Окрім цього, РАВ з

середньою активністю розміщують у глибинних геологічних формаціях. Ця ж технологія застосовується й до високоактивних РАВ.

6. Високоактивні радіоактивні відходи. Це відходи з рівнем активності, що є досить високим для виділення значної кількості тепла або ж це відходи зі значною кількістю радіонуклідів з тривалим періодом напіврозпаду. Розміщення таких відходів в глибинних геологічних формаціях (як правило глибиною кілька сотень метрів і більше) є загальновизнаним способом поводження з такими речовинами. Геологічні сховища розміщують в кам'яних утвореннях. Це зумовлено значним часовим періодом, протягом якого відходи залишаються радіоактивними. Вважається, що в сховищі РАВ низької та середньої активності кількість активності приблизно дорівнює активності навколишніх гірських порід лише через 300 років. Через 3000 років радіо токсичність високоактивних відходів зменшиться до рівня активності природної уранової руди [9].

Як правило, такі сховища знаходяться на глибині близько 500 метрів в скелі, глині чи солі. Існує й концепція складного бар'єру. Вона передбачає, що відходи (у вигляді керамічного оксиду або ж продукту вітрифікації) є нерухомими. Їх герметично запаковують у нержавіючу каністру (з нержавіючої сталі чи міді), а потім заховують у твердих кам'яних формаціях.

Глибокі геологічні сховища використовуються як основна технологія для поводження з високоактивними РАВ в таких країнах, як Аргентина, Австралія, Бельгія, Чехія, Фінляндія, Японія, Росія, Швеція, Швейцарія та США.

Отже, проблема класифікації радіоактивних відходів обумовлена наявністю різних класів радіоактивних відходів, наявністю різних джерел походження та способів поводження з РАВ. Відсутність єдиного підходу до класифікації цих речовин ускладнює співробітництво та обмін інформацією між державами. Неодноразові спроби МАГАТЕ створити єдиний підхід до класифікації радіоактивних відходів не завжди були успішними. Останні посібники з безпеки, присвячені поводженню та класифікації радіоактивних відходів, покликані виправити недоліки. Так, наприклад в посібнику з класифікації РАВ встановлено зв'язок між класами РАВ та способами поводження з ними. Радіоактивні відходи розділяють на 6 класів, для кожного з яких характерні способи поводження, рівень активності та періодів напіврозпаду. Норми, вироблені в МАГАТЕ, мають рекомендаційний характер і не є загальнообов'язковими.

### Використані джерела

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Standardization of Radioactive Waste Categories, Technical Reports Series No. 101, IAEA, Vienna (1970), INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Underground Disposal of Radioactive Waste: Basic Guidance, Safety Series No. 54, IAEA, Vienna (1981).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, Safety Guide Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994), INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No.GSG-1, IAEA, Vienna (2009).
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, Safety Guide Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994). – p. 7
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No.GSG-1, IAEA, Vienna (2009). – p. 9
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of radioactive waste, General Safety Guide No.GSG-1, IAEA, Vienna (2009). – p.12

6. Radioactive Waste and Spent Fuel Manageent [Electronic resource]. – Mode of access: URL: <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/waste-safety/disposable.html>
7. Radioactive Wastes [Electronic resource]. – Mode of access: URL: <http://world-nuclear.org/info/inf60.html>
8. Radioactive Wastes: An IAEA Source book. - V.: IAEA, 1992. – 12 p
9. Камень преткновения (Обращение с радиоактивными отходами в наиболее развитых странах Запада) // Вестник Чернобыля. - 1993. - N 39. - С. 3.; N 40. - С. 3.