

ПРИРОДНА РАДІОАКТИВНІСТЬ У ТІЛІ СХОВИЩ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Полякова І.О.

LLC «TechnoChemAtom»

вул. Ю. Шумського, 5, 02098, м. Київ

polyakova_ira@ukr.net

Проведено аналіз радіонуклідного складу радіоактивних відходів у приповерхневих сховищах, оцінено розбіжності офіційної інформації про радіонуклідний склад і фізичні характеристики відходів і фактично наявні. Показано ризики, що виникають під час втрати додаткового чинника негативного впливу (виникнення нової загрози) у вигляді дочірніх продуктів розпаду, в основному природних радіонуклідів, для більш повного аналізу безпеки й прогнозування заходів зі зменшення шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на людину й довкілля. *Ключові слова:* радіоактивні відходи, сховища РАВ, АЕС, природна радіоактивність, штучна радіоактивність, облік і контроль радіоактивних відходів.

Естественная радиоактивность в теле хранилищ радиоактивных отходов. Полякова И.А. Проведен анализ радионуклидного состава радиоактивных отходов в приповерхностных хранилищах, оценено расхождение данных официальной информации о радионуклидном составе и физических характеристиках отходов и фактически существующих. Показаны риски, возникающие при потере дополнительного фактора негативного влияния (возникновения новой угрозы) в виде дочерних продуктов распада, в основном естественных радионуклидов, для более полного анализа безопасности и прогнозирования мероприятий уменьшения вредного влияния ионизирующего излучения на человека и природную среду. *Ключевые слова:* радиоактивные отходы, хранилища РАО, АЭС, естественная радиоактивность, искусственная радиоактивность, учет и контроль радиоактивных отходов.

Natural radioactivity in the solid of radioactive waste storages. Poliakova I.O. The analysis of the radionuclide composition of radioactive waste in the near surface repositories was carried out, the discrepancy between the official information on the radionuclide composition and the physical characteristics of the waste and actually existing was estimated. The risks arising from the loss of an additional factor of negative impact (the emergence of a new threat) in the form of daughter decay products, mainly natural radionuclides, are shown for a more complete safety analysis and prediction of measures to reduce the harmful effects of ionizing radiation on humans and the environment. *Key words:* radioactive waste, storage of radioactive waste, NPP, natural radioactivity, artificial radioactivity, accounting and control of radioactive waste.

Постановка проблеми. В Україні накопичено близько 2,724 млн м³ твердих і 42 тис. м³ рідких радіоактивних відходів (далі – РАВ), причому 38,5 тис. м³ (92%) рідких РАВ зберігається безпосередньо в межах промислових майданчиків АЕС. Значна кількість рідких радіоактивних відходів (далі – РРВ) знаходиться на тимчасовому зберіганні в спеціальних ємностях, а твердих радіоактивних відходів (далі – ТРВ) – у приповерхневих сховищах на території пунктів зберігання радіоактивних відходів (далі – ПЗРВ) спеціалізованих підприємств Державної корпорації «Українське державне об'єднання «Радон» (ДК «УкрДО «Радон»). Ураховуючи, що нині сховища РАВ на АЕС України заповнені приблизно на 80–90%, а деякі ПЗРВ ДК «УкрДО «Радон» – на 100%, проведення досліджень зі зменшення кількості ТРВ і РРВ і переведення їх у безпечний стан для тимчасового довгострокового зберігання та/або захоронення є актуальним екологічним завданням поліпшення радіаційної безпеки [1].

Діяльність щодо безпечного поводження з РАВ спрямована на забезпечення захисту людини й навко-

лишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на сучасному етапі й у майбутньому [2] і здійснюється на підприємствах-ліцензіатах, таких, наприклад, як державне спеціалізоване підприємство (далі – ДСП) ДК «УкрДО «Радон».

На кожному з ДСК створений і функціонує комплексний підхід до поводження з РАВ – від збирання та сортування відходів до довготривалого й тимчасового їх зберігання в спеціальних сховищах. При цьому постійно здійснюється радіаційний контроль за станом інженерних бар'єрів сховищ, контейнерів, моніторинг довкілля, а також функціонують міжрегіональні центри з обліку й контролю РАВ (далі – РЦОР), одним із функціональних обов'язків яких є постановка на облік РАВ, що передаються до ДСП для тимчасового зберігання, проведення інвентаризації та визначення наявного стану та фізичних характеристик РАВ.

Виклад основного матеріалу. Нині приповерхневі сховища для захоронення/тимчасового зберігання РАВ ДК «УкрДО «Радон» знаходяться на етапі експлуатації [3]. Ангари деяких із цих сховищ зна-

ходяться в аварійному стані, що в подальшому призведе до їх ліквідації та закриття.

Фундаментом для створення проекту вилучення та безпечного поводження з РАВ є відомості щодо радіонуклідного складу та питомої активності відходів, стану сховищ, детального опису технологічного процесу вилучення та поводження з ними тощо.

Базові відомості щодо питомої активності та радіонуклідного складу загалом планується отримувати з даних РЦОР і даних моніторингових досліджень підприємства.

Алгоритм програми введення й оброблення інформації з обліку радіоактивних відходів у частині визначення питомої активності радіонуклідів у сховищі базується на законі радіоактивного розпаду елементів, але не враховує дочірні продукти розпаду, що при цьому утворюються, і їх фізичні характеристики. Іншими словами, утрачений додатковий чин-

ник (виникає нова загроза) для більш повного аналізу безпеки й прогнозування заходів зі зменшення шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на людину й довкілля.

Прикладом радіонуклідного складу в одному зі сховищ ТРВ Київського ДСП ДК «УкрДО «Радон» є діаграма, представлена на рис. 1, де зазначається відсоток окремого радіонукліду від загальної кількості радіонуклідів у сховищі.

У сховищі РРВ № 13 Київського ДСП ДК «УкрДО «Радон» радіонуклідний склад і питома активність (Бк/м³) дещо відрізняються від відомостей щодо сховища ТРВ (рис. 1). Інформаційні відомості щодо сховища РРВ № 13 наведені на рис. 2.

Радіонуклідний склад РАВ, що зберігаються на ПЗРВ ДСП ДК «УкрДО «Радон», визначається такими радіонуклідами: ¹³⁷Cs, ¹⁴C, ²³⁹Pu, ⁶⁰Co, ³H, ⁹⁰Sr, ¹⁹²Ir, ²²⁶Ra, ²⁴¹Am, ²¹⁰Po, ²³²Th, ¹⁷⁰Tm, ²³⁸U тощо [4].

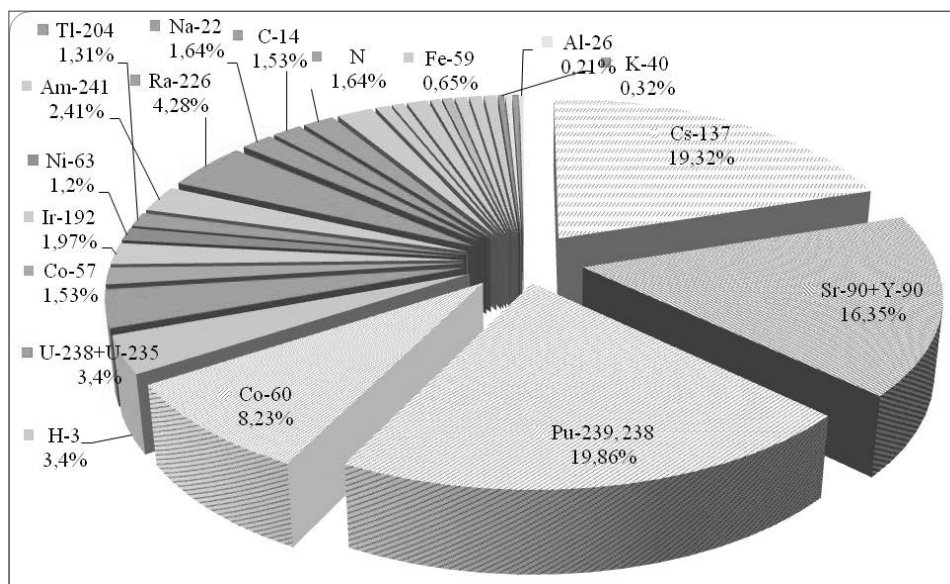


Рис. 1. Радіонуклідний склад ТРВ одного зі сховищ Київського ДСП ДК «УкрДО «Радон»

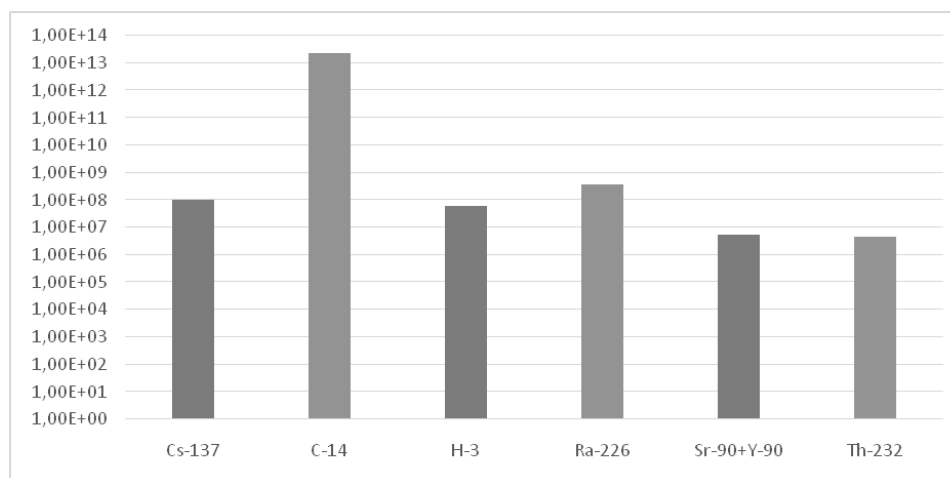
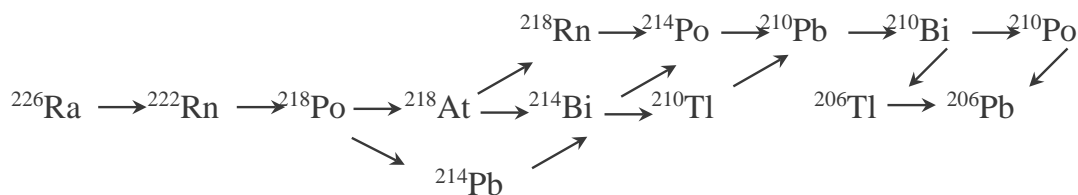
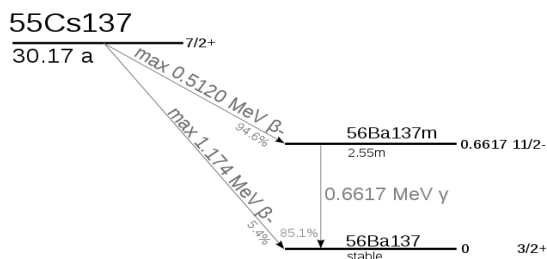


Рис. 2. Радіонуклідний склад і питома активність кожного з радіонуклідів сховища РРВ № 13 Київського ДСП ДК «УкрДО «Радон»

Рис. 4. Схема радіоактивного розпаду ^{226}Ra

Серед них є радіонукліди як штучного, так і природного походження. Також є радіонукліди, віднесені до групи актиноїдів. Зрозумілим є той факт, що питома активність і радіонуклідний склад із часом змінюються.

Якщо говорити про штучну радіоактивність (радіонукліди, виділені на рис. 1 і рис. 2 сірим кольором), то це ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{239}Pu , ^{63}Ni , ^{241}Am , ^{192}Ir , які під час радіоактивного розпаду (зазвичай за одне-два ядерних перетворення) утворюють стабільний елемент. Одним із прикладів є β -розпад ^{137}Cs з імовірністю 94,6%, періодом напіврозпаду $T_{1/2} = 30,16$ років і утворенням метастабільного $^{137\text{m}}\text{Ba}$, який під час виділення γ -випромінювання з енергією $E_\gamma = 0,661$ МеВ і періодом напіврозпаду $T_{1/2} = 2,5$ хвилини переходить у стабільний ізотоп ^{137}Ba . Цей процес наведений на рис. 3.

Рис. 3. Схема радіоактивного розпаду ^{137}Cs

Найбільшу зацікавленість викликають природні радіонукліди. У приповерхневих сховищах зберігається значна кількість природних радіонуклідів, таких, як ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{232}Th , ^{238}U тощо (виділені на рис. 1 і рис. 2 блакитним кольором). Кожний із них, розпадаючись, утворює дочірні радіонукліди. Майже кожному із цих радіонуклідів для того, щоб утворився стабільний елемент, необхідно за ланцюжком розпаду пройти більше десяти радіоактивних перетворень, у процесі яких утворюється низка вже відомих радіонуклідів, що входять у природні ряди (родини) радіоактивних елементів.

Із метою оцінки того різноманіття й кількості дочірніх продуктів розпаду, що виникли внаслідок радіоактивного розпаду в тілі сховищ РАВ від заявленого спеціалістами РЦОР, наведемо приклад розпаду ^{226}Ra (рис. 4).

Проаналізуємо ланцюжок розпаду одного з природних радіонуклідів, а саме радію ^{226}Ra , який входить до уран-актинієвого (радієвого) ряду й широко

використовується в промисловості, медицині та наукових дослідженнях.

Як видно зі схеми розпаду, представленої на рис. 4, утворюється велика кількість радіоактивних елементів із різними фізичними характеристиками, різними періодами напіврозпаду, типами випромінювання та впливом на людину й довкілля тощо. За даними РЦОР, на обліку знаходиться лише радієве джерело та розрахована його питома активність у конкретний момент часу, а фактично у сховищі будуть такі радіонукліди: ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{218}At , ^{214}Bi , ^{214}Pb та інші за схемою до досягнення стабільного ^{206}Pb , вплив яких на інженерні споруди, людину й довкілля не враховують.

Головні висновки. Під час виникнення ситуації, коли буде необхідність закриття сховищ тимчасового зберігання РАВ і вивезення останніх у місце захоронення, постане питання щодо кількісного і якісного складу РАВ (кількість, нуклідний склад, тип випромінювання, період напіврозпаду, токсичність тощо), що зберігаються в сховищах. Надати вичерпну й однозначну відповідь на всі необхідні запитання буде неможливо, оскільки система обліку й оброблення інформації РЦОР не передбачає врахування дочірніх продуктів розпаду радіонуклідів, що тимчасово зберігаються на ПЗРВ ДК «УкрДО «Радон» і АЕС України.

Як показано в аналізі ланцюжків розпаду радіонуклідів природного й штучного походження та виникнення дочірніх продуктів їх розпаду, що не зареєстровані в системі обліку й контролю РАВ, а також з урахуванням важливих характеристик, для розрахунків і прогнозування забезпечення безпеки людини й оточуючого природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання виникає необхідність у розробленні та впровадженні національної загальноприйнятої комп'ютерної програми оброблення інформації, у створенні інтегрованої державної системи обліку й контролю радіоактивних матеріалів і веденні єдиної бази даних радіоактивних матеріалів. Нові впровадження забезпечать можливість більш детального прогнозування надходження РАВ на тимчасове зберігання. Розроблення та внесення змін до критеріїв приймання РАВ на захоронення до сховищ і вимог до контейнерів, упаковок (захисних властивостей і матеріалів), кінцевого продукту перероблення стануть наслідком упрова-

дження змін у системи обліку й контролю радіоактивних матеріалів.

Визначені додаткові характеристики та враховані дочірні продукти радіоактивного розпаду можуть бути корисні під час категорювання РМ і визначення їх рівня фізичного захисту. Додаткові важливі характеристики дочірніх продуктів розпаду зареєстрованих нуклідів сприятимуть більш точному плануванню заходів безпеки під час дій із РМ.

Необхідно більш детально дослідити цю проблематику, провести аналіз наявної нормативної бази України, рекомендацій МАГАТЕ та директив ЄС щодо поводження з РМ, упровадити сучасні підходи до нормування радіаційних впливів на населення, персонал і довкілля, виробити комплексний підхід до забезпечення радіаційного захисту, що стане тими передумовами, на яких має базуватися нормативне регулювання безпеки під час поводження з РАВ.

Література

1. Полякова І.О. Наукові засади забезпечення екологічної безпеки об'єктів накопичення і контейнерного зберігання тритієвих відходів: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, 2016 р. 24 с.
2. Про поводження з радіоактивними відходами: Закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 27, ст. 198.
3. Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії: Закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 9, ст. 68.
4. Полякова І.О. Оцінка захисних властивостей контейнера для зберігання відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання. Національна академія наук України. Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». Збірник наукових праць. Випуск 22. Київ. 2013. С. 179–187.