

УДК 504.064.36:539.16

**МЕТОДИ ВІДБОРУ ЗРАЗКІВ ТА АНАЛІЗУ
РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДІ ТА ҐРУНТІ**

Палюх К. О., Хоменчук В. О., Дух Р. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: paliukh.kate@gmail.com

На сьогоднішній день перед світовою спільнотою гостро стоїть проблема негативної екологічної дії радіації на довкілля. Причина цього є зростання кількості радіоактивних речовин, яке в свою чергу зумовлене розвитком атомних електростанцій. Радіоактивне забруднення довкілля досягло жахливих масштабів, особливо після техногенної катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції [3].

Сучасна радіоекологічна ситуація вимагає перехід від епізодичних вимірювань до безперервних систем моніторингу. Основним завданням зараз є не просто встановлення датчиків, а інтеграція їх у єдину державну систему ГІС-моніторингу, яка б поєднувала радіаційні показники з метеорологічними даними. Основна причина цього переходу є міграція радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr та ізотопів $^{239,240}\text{Pu}$ у воді та ґрунті, що посилюється кліматичними змінами. Також дистанційна система моніторингу дозволяє зменшити екологічні ризики та виключити необхідність присутності фахівців у зонах з високим рівнем потужності експозиційної дози [2].

Проблема репрезентативності проб води та ґрунту є критично важливою для комплексного радіоекологічного моніторингу. Саме на його основі створюють карти радіонуклідного забруднення, ухвалюють адміністративні рішення та розраховують дози опромінення населення. Особливого значення це питання набуває в контексті ймовірних ядерних аварій, що супроводжуються викидами радіоактивних речовин у різних фізико-хімічних формах [1].

Зразки води для аналізу відбирають із спеціалізованих моніторингових свердловин, оснащених системами інтервального відбору, що дозволяє отримувати проби з різних глибин водоносних горизонтів. За низьких концентрацій радіонуклідів

використовують сорбційні колонки, через які прокачують великі об'єми води (до сотень літрів), що робить можливим концентрувати наднизькі концентрації радіоактивних елементів.

Відбір проб ґрунту здійснюють у п'яти локаціях на ділянках розміром 5 м × 5 м з кроком заглиблення 5 см. Для аналізу швидкості заглиблення радіоактивних речовин зразки відбирають з фіксованих горизонтів (наприклад, 0–5 см, 5–10 см, 10–20 см). Ґрунт відбирають за допомогою циліндричного пробовідбірника діаметром 50 мм, після чого зразки об'єднують для формування репрезентативної змішаної (композитної) проби [4].

Частота відбору проб варіюється від 1 разу на квартал до 1 разу на рік. Загальна кількість проб підземних вод, зібраних на рік, становить 720. Всі зібрані проби аналізуються на ^{90}Sr і приблизно 60% проб аналізуються на ^{137}Cs [4].

Вибір методу аналізу радіонуклідів залежить від типу випромінювання, енергії частинок та активності зразка. У сучасній радіоекології та ядерній фізиці використовують низку методів. Найчастіше використовують радіохімічні методи аналізу радіонуклідів.

Для визначення ^{137}Cs метал екстрагують з розчину фільтруванням зразка води через іонообмінну смолу з подальшим визначенням на іонообмінному матеріалі за допомогою гамма-спектрометра. Хімічний вихід оцінюють шляхом аналізу «модельних зразків». Зразки ґрунту висушуються на повітрі, подрібнюють на частинки розміром менше 2 мм, вимірювання відбувається за допомогою гамма-спектрометра. Визначення ^{90}Sr базується на селективному радіохімічному виділенні за допомогою метода осадження металу (використовують карбонат натрію та гідроксид натрію). Визначення проводиться на бета-спектрометрі. У зібраних зразках ґрунту відбувається безпосереднє вимірювання на активність ізотопу ^{90}Sr , за допомогою сцинтиляційного бета-спектрометра [4].

При визначенні $^{239,240}\text{Pu}$ ізоотоп концентрується на аніонообмінній смолі, сорбується у вигляді нітратних комплексів та висушуються. Для визначення на альфа-спектрометрі зразок осаджують на пластині з нержавіючої сталі [4].

Для комплексного аналізу радіоекологічного стану та поведінки ізотопів плутонію в об'єктах довкілля застосовують наступні методи фізико-хімічного контролю:

- іонізаційний метод ґрунтується на здатності радіоактивних частинок рухатись з великою швидкістю, спричиняючи іонізацію газів;

- напівпровідниковий метод оснований на зміні електропровідності чутливого елемента під впливом іонізуючого випромінювання; він забезпечує високу роздільну здатність при ідентифікації енергетичних спектрів випромінювання радіонуклідів;

- сцинтиляційний метод використовує властивість певних матеріалів (сцинтиляторів) випромінювати світлові спалахи при поглинанні іонізуючих часток, що дозволяє з високою чутливістю реєструвати рівні забруднення;

- нейтронний метод застосовується переважно для оцінки вологості ґрунту або донних відкладів. Метод ґрунтується на розсіянні та уповільненні швидких нейтронів ядрами водню, що є критично важливим для моделювання швидкості вертикальної міграції плутонію;

- гаммаскопічний метод базується на поглинанні або розсіянні гамма-випромінювання і використовується для пошарового визначення щільності ґрунту. Це дозволяє точно розрахувати запас радіонуклідів у певних горизонтах та оцінити їхню геохімічну рухливість [1].

Отже, сучасна радіоекологія є перспективною високотехнологічною галуззю, де сучасні методи фізико-хімічного контролю поєднуються з цифровою аналітикою геоінформаційної системи.

Список літератури:

1. Іванов Є.А. Радіоекологічні дослідження: Навч. посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. с. 31

2. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг : навчальний посібник. Київ, 2019. 188 с.

3. Long-term study (1987–2023) on the distribution of ^{137}Cs in soil following the Chernobyl nuclear accident: a comparison of

temporal migration measurements and compartment model predictions. URL:

<https://academic.oup.com/rpd/article/199/19/2366/7267612>

4. Natural attenuation processes control groundwater contamination in the Chernobyl exclusion zone: evidence from 35 years of radiological monitoring - Scientific Reports. Nature. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-22842-5>.

УДК 621.039:502.171(477):339.92:327(438+474.5)

УЧАСТЬ РЕСПУБЛІКИ ПОЛЬЩА У ФІНАНСУВАННІ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ «CHERNOBYL SHELTER FUND» ЯК ІНСТРУМЕНТУ МІЖНАРОДНОЇ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ

Петрик Ю. Б.¹, Петрик Т. В.²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» / Тернопільський ліцей №21 – спеціалізована мистецька школа імені Ігоря Герети

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка / Тернопільський академічний ліцей «Генезис»

E-mail: yuriipetryk1994@gmail.com

Катастрофа на Чорнобильській атомній електростанції, окрім того, що стала великою техногенною катастрофою, продовжує залишатися довготривалим безпековим викликом для України та світу. Старе укриття (старий саркофаг), зведене після катастрофи потребувало заміни, а це вимагало значних капіталовкладень [4]. Зважаючи на це, за ініціативи Європейського банку реконструкції та розвитку у 1997 р. було створено фонд під назвою «Chernobyl Shelter Fund» («Фонд Чорнобильського Укриття», далі – «CSF»). Метою цього проєкту була допомога Україні у сфері стабілізації та екологічного убезпечення укриття над зруйнованим четвертим енергоблоком Чорнобильської АЕС [2].

Для досягнення цих цілей «CSF» фінансував реалізацію «Плану здійснення заходів» проєкту («Shelter Implementation Plan», далі – «SIP»), який був розроблений для підготовки до подальшого демонтажу та виведення з експлуатації забрудненої