

УДК 539.12

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.271222.59.911

АНАЛІЗ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ТА ПОЛЬЩІ

КАЛДА Г. С.^{1,2*}, *докт. техн. наук, проф.*,
ШЕВЕЛЯ В. В.³, *докт. техн. наук, проф.*,
РИБАЛКА К. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*,
ЖИВЕЦЬ Я.⁵, *канд. техн. наук*

^{1*} Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29016, Хмельницький, Україна, тел. +38 (097) 478-59-86, e-mail: kalda.galina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6309-7661

^{2*} Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел. +48 (17) 865-10-68, ORCID ID: 0000-0002-5142-0473

³ Кафедра будівництва та цивільної безпеки, Хмельницький національний університет, вул. Інститутська, 11, 29016, Хмельницький, Україна, тел. +38 (096) 348-75-59, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

⁴ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 905-51-42, e-mail: ekaterina.rybalka1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

⁵ Кафедра водопостачання та водовідведення, Жешувська політехніка, вул. Повстанців Варшави, 12, 35-959, Жешув, Польща, тел. +48-881-380-438, e-mail: j.zywiec@prz.edu.pl, ORCID ID: 0000-0002-0823-4229

Анотація. *Постановка проблеми.* Розглянуто проблеми радіоактивного забруднення навколишнього середовища. Аналіз забруднення показано на дослідженнях ґрунту, води та повітря територій України та Польщі. Знання, пов'язані з радіоактивним випромінюванням, його впливом на живі організми та навколишнє середовище, а також із методами захисту від радіації, можуть допомогти зменшити небезпечний вплив на навколишнє природне середовище. Викладаючи студентам дисципліни, пов'язані з радіоактивним забрудненням навколишнього середовища та радіаційним захистом, потрібно розповідати про можливі загрози від радіації, методи та засоби щодо зменшення такого виду забруднень та про методи захисту як працівників, так і в цілому населення від радіоактивного опромінення. *Мета статті* – аналіз радіоактивного забруднення ґрунту, повітря, поверхневих вод територій України та Польщі, вивчення причин забруднення різних регіонів цих країн, проведення моніторингу радіоактивного зараження регіонів, захисту населення від негативного впливу радіоактивного випромінювання. Це також потрібно для підготовки фахівців, які мають професійно вирішувати проблеми радіаційного забруднення територій, оцінювати ступінь ризику у випадку надходження радіонуклідів у природні об'єкти та визначати оптимальні шляхи зменшення негативного впливу радіації на природні об'єкти, а також населення. *Висновок.* Вивчення проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища радіоактивними елементами, актуальне як для нашої країни, так і для всіх країн світу. Якщо ми аналізуємо цей вид забруднення в Україні, потрібно ретельно вивчати ситуацію з радіацією і щонайменше в сусідніх країнах, тому що для неї кордонів не існує.

Ключові слова: *забруднення; радіація; викиди; концентрація радіонуклідів; захист*

ANALYSIS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION FOR THE REGIONS OF UKRAINE AND POLAND

KALDA G.S.^{1,2*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
SHEVELYA V.V.³, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
RYBALKA K.A.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
ŻYWIĘC J.⁵, *Cand. Sc. (Tech.)*

^{1*} Department of Construction and Civil Security, Khmelnytskyi National University, 11, Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016, Ukraine, tel. +38 (097) 478-59-86, e-mail: kalda.galina@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-6309-7661

^{2*} Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Al. Powstancow Warszawy, Rzeszow, 35-959, Poland, tel. +48 (17) 865-10-68, ORCID ID: 0000-0002-5142-0473

³ Department of Construction and Civil Security, Khmelnytskyi National University, 11, Instytutaska St., Khmelnytskyi, 29016, Ukraine, tel. +38 (068) 202-16-17, e-mail: valeriy.shevelya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5462-3524

⁴ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dniipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 905-51-42 e-mail: ekaterina.rybalka1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

⁵ Department of Water Supply and Sewage Systems, Rzeszow University of Technology, 12, Al. Powstancow Warszawy, Rzeszow, 35-959, Poland, tel. +48-881-380-438, e-mail: j.zywiec@prz.edu.pl, ORCID ID: 0000-0002-0823-4229

Abstract. Problem statement. The problems of environment radioactive contamination are considered. The analysis of contamination is shown on studies of soil, water and air for the territories of Ukraine and Poland. Knowledge of radiation, its effects on living organisms and the environment, and methods of protection against radiation can help reduce the environmental hazards of radiation. During studying of disciplines related to radioactive contamination and radiation protection, it is necessary to emphasize to future specialists about possible threats from radiation, methods and means to reduce this type of contamination, and methods of protection for workers and the general population from radioactive irradiation. **The purpose of the article** is to analyse radioactive contamination of soil, air, surface waters of Ukraine and Poland, study the causes of contamination for different regions of these countries, monitor radioactive contamination of regions, protect the population from the negative effects of radiation. It is also necessary to train specialists who must professionally solve the problem of contamination, assess the risk of radionuclides entering natural sites and determine the best ways to reduce the negative impact of radiation on natural sites and the population. **Conclusions.** The study of problems related to the environmental contamination with radioactive elements is relevant both for our country and for all countries of the world. If we analyze this type of pollution in Ukraine, we need to carefully study the situation with radiation, and at least in neighboring countries, because there are no borders for this type of pollution.

Keywords: *contamination; radiation; emissions; radionuclide concentration; protection*

Постановка проблеми. В сучасному світі радіоактивне випромінювання використовується у різних сферах людської діяльності, наприклад, в енергетиці, металургії, електроніці, хімічній та гірничодобувній промисловості. Прилади та джерела іонізуючого випромінювання також широко використовуються в сучасній медицині, як у діагностиці, так і в лікуванні.

Відкриття радіоактивності дало людині багато позитивних можливостей для використання цього явища, але, з іншого боку, воно робить людство дуже відповідальним.

Знання, пов'язані з радіоактивним випромінюванням, його впливом на живі організми та навколишнє середовище, а також із методами захисту від радіації, можуть допомогти зменшити небезпечний для навколишнього середовища вплив радіації.

У зв'язку з непомітним і водночас небезпечним впливом іонізуючого випромінювання на живі організми, а також з урахуванням усе більшого використання радіоізотопів у промисловості, енергетиці, наукових дослідженнях та медицині, потреба ефективного захисту навколишнього середовища від радіоактивного забруднення стала актуальною та важливою проблемою усього світу.

Виняткова особливість екологічного стану України – те, що екологічно гострі локальні ситуації поглиблюються великими регіональними кризами, такими як Чорнобильська катастрофа, яка з її довготривалими медико-біологічними, економічними та соціальними наслідками створила в Україні ситуацію, що наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи.

Зона екологічного лиха сформувалася навколо Чорнобильської АЕС. Головним джерелом небезпеки тут залишається об'єкт «Укриття», в якому зосереджено небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких наближається до 20 млн кюрі. Ця загроза стала ще більшою через окупацію недолугими російськими військами, які підняли воєнною технікою радіоактивний пил та умудрилися рити окопи там, де радіація буде занадто високою ще не одну сотню років.

Викладаючи студентам дисципліни, пов'язані з радіоактивним забрудненням навколишнього середовища та радіаційним захистом, потрібно наголошувати майбутнім фахівцям про можливі загрози від радіації, методи та засоби щодо зменшення такого виду забруднень та про методи захисту як працівників, так і в цілому населення від радіоактивного опромінення.

Аналіз публікацій. Сучасним джерелам радіаційного випромінювання присвячено

багато наукових та методичних публікацій у вітчизняних та зарубіжних виданнях [1–7]. З одного боку, ця проблема останні десятиліття стоїть дуже гостро у багатьох країнах світу в зв'язку із щорічним збільшенням використання радіоактивної енергії у різних галузях промисловості, науки, медицини, енергетики, на військових об'єктах розвинутих країн світу. Також ця проблема загострюється із забрудненням навколишнього середовища радіонуклідами, що пов'язано з аваріями на Чорнобильській та Фукусімській АЕС, а також із погрозами агресивних країн, таких як Росія, щодо використання ядерної зброї.

З іншого боку, сучасне життя вже неможливе без атомної енергії, без ядерних реакторів на атомних електростанціях, наукових та промислових об'єктах, у медичних закладах. Тому людству потрібно знаходити оптимальні можливості використання атомної енергетики, які б могли якнайменше нашкодити нашій планеті й усьому живому у разі можливих викидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Мета статті – аналіз радіоактивного забруднення ґрунту, повітря, поверхневих вод територій України та Польщі, вивчення причин забруднення різних регіонів цих країн, проведення моніторингу радіоактивного зараження регіонів, захисту населення від негативного впливу радіоактивного випромінювання. Це також потрібно для підготовки фахівців, які мають професійно вирішувати проблеми радіаційного забруднення території, оцінювати ступінь ризику у випадку потрапляння радіонуклідів у природні об'єкти та визначати оптимальні шляхи зменшення негативного впливу радіації на природні об'єкти, а також на населення.

Виклад матеріалу. Радіоактивне забруднення – це забруднення повітря, води, ґрунту, тіла людини, предметів радіоактивними речовинами. Таке забруднення може виникнути внаслідок:

- неправильного зберігання радіоактивних матеріалів;

- витоку радіоактивних речовин з ядерних установок;

- викидів радіоактивних газів;

- випадіння радіоактивних речовин із хмари ядерного вибуху після ядерного бомбардування.

Крім цього, на значних територіях України та Польщі виходять на поверхню або залягають близько до неї різні кристалічні породи, які, як відомо, характеризуються підвищеною радіоактивністю. В окремих районах підвищена радіоактивність властива і молодим осадовим породам. За цих умов навіть невелика додаткова радіоактивність дуже небезпечна [2; 7].

Розглянемо радіаційну ситуацію в нашій країні та сусідній, дружній нам Польщі.

У шести областях України розташовані регіональні підприємства «Радон» із переробки та зберігання радіоактивних відходів, які приймають на переробку радіоактивні відходи від усіх галузей народного господарства країни.

Підприємства з видобутку і переробки уранових руд розміщені у Дніпропетровській, Миколаївській та Кіровоградській областях. Характерне для переробки урану те, що майже всі відходи – відвали шахтних порід, скиди та викиди стали джерелами радіаційного забруднення навколишнього середовища.

У Польщі найбільші підприємства з видобутку та переробки корисних копалин розташовані в Дольносльонському та Велькопольському регіонах, де рівень радіації у навколишньому середовищі в 1,5 раза вищий, ніж в інших регіонах країни [2].

Інші джерела радіоактивного забруднення довкілля – це матеріали, зібрані на сміттєзвалищах, відвалах і відстійниках, які можуть містити радіоактивні елементи в концентраціях, у багато разів більших, ніж у навколишньому середовищі в природному стані. Тому використання шлаків та золи як сировини для виробництва будівельних матеріалів без їх належного контролю та відбору може спричинити збільшення дози іонізуючого

випромінювання, яке отримує населення. Дослідження радіоактивності сировини та будівельних матеріалів, а також вимірювання концентрації радону у житлових будинках, що проводяться у Польщі, спрямовані на те, щоб максимально зменшити цей ризик.

Відповідно до чинних законодавств України та Польщі, усі види діяльності, які спричиняють або можуть викликати радіаційне опромінення, підлягають нагляду та контролю. Це також стосується ядерних дослідницьких реакторів і всіх видів установок, що використовують джерела іонізуючого випромінювання.

Деградація ґрунтів унаслідок радіації.

Через швидке виробництво та використання добрив щороку збільшується кількість радіоактивно забруднених ґрунтів, наприклад, спостерігається підвищення концентрації радіоактивних ізотопів у ґрунті через використання калійних та фосфорних добрив. Концентрації ^{137}Cs та природних радіонуклідів ^{226}Ra , ^{228}Ac та ^{40}K виміряли у пробах ґрунту Польщі, які проводяться у Центральній лабораторії радіологічного захисту. Результати проведених вимірювань показали, що максимальні значення ^{137}Cs отримано у ґрунті Дольносьльонського регіону (8,62 кБк/м²), Малопольського (8,44 кБк/м²), а найменші значення отримані у ґрунті Лодзійського (0,21 кБк/м²) та Любельського (0,23 кБк/м²) регіонів. Значно вищі концентрації радіонукліду ^{226}Ra спостерігаються на півдні Польщі (особливо у Нижньосльонському регіоні).

Такий розподіл концентрацій ^{226}Ra пов'язаний із геологічною будовою ґрунту країни. Найбільші концентрації урану в Польщі у поверхневому шарі ґрунту виявлені в Судетах, вони перевищують середні по країні у 10...12 разів. Середня концентрація торію ^{232}Th на території Карпат та Судетів у п'ять разів перевищує середнє значення в інших регіонах країни. Концентрація калію ^{40}K характеризується більшою однорідністю розподілу в Польщі. У випадку із цим радіонуклідом можна спостерігати певні закономірності, пов'язані з наявністю природного калію в ґрунтах.

Середній вміст природного калію у ґрунтах Польщі становить 0,68 %, максимальне значення становить 2,8 %. Найбільший вміст, найчастіше пов'язаний з гранітними масивами та лісами, спостерігається у Судетах, Карпатах та північно-східній Польщі. Розподіл природних радіонуклідів ^{226}Ra , ^{228}Ac , а також ^{40}K у поверхневому шарі ґрунту пов'язаний із геологічною будовою ґрунту країни, що підтверджується результатами досліджень ґрунту, отриманими для окремих регіонів [2].

Збирання, аналіз та узагальнення даних радіологічного обстеження орних земель України показали, що забруднення ^{137}Cs вище 37 кБк/м² на сільськогосподарських угіддях України поширене на 461,7 тис. га, з них орних земель 345,9 тис. га. Забруднені площі зберігаються на території 12 областей, де було обстежено 8,8 млн га. Це Житомирська, Черкаська, Рівненська, Чернігівська, Вінницька, Київська та інші області.

Забруднення угідь ^{90}Sr унаслідок Чорнобильської катастрофи було менш інтенсивним і поширилося, в основному, в межах зони відчуження та на прилеглих до неї територіях, проте в аерозольних випадах стронцій поширився і значно далі [7].

Здійсненням систематичного радіаційного моніторингу довіклля в нашій країні займається Національна гідрометеорологічна служба України, що виконує регулярні спостереження на розгалуженій мережі, яка охоплює всю територію держави.

У цілому, нині радіаційна ситуація на забруднених територіях порівняно з раннім поставарійним періодом поліпшилась. Це відбулось за рахунок:

- природних автореабілітаційних процесів (радіоактивного розпаду, фіксації і перерозподілу радіонуклідів у ґрунті);
- проведення комплексу контрзаходів, спрямованих на посилення біогеохімічних бар'єрів із метою блокування радіонуклідів у ґрунтах, що забезпечує зниження радіаційного забруднення продуктів харчування місцевого виробництва;

- посиленого радіоекологічного моніторингу ґрунтів та сільськогосподарської продукції, її радіологічного контролю і чіткого дотримання рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва.

На жаль, за останній час радіаційний фон у зоні Чорнобильської АЕС значно підвищився в результаті воєнних дій, коли неосвічені російські загарбники підняли радіаційний ґрунт важкою технікою та почали окопуватись у зараженій зоні.

Радіоактивне забруднення води може бути викликано іонізуючим випромінюванням, яке практично непомітне, оскільки не має смаку та запаху. Всесвітня організація охорони здоров'я за погодженням з Міжнародною комісією з радіологічного захисту рекомендує його максимально допустиму дозу 0,1 мЗв/рік. Це частина загальної дози опромінення від природних джерел, прийнятої для так званого статистичного показника людини у кількості 2,4 мЗв/рік. Оцінюючи якість питної води, рекомендується дотримуватися відповідної процедури, що складається з таких елементів:

- початкове вимірювання загальної альфа- та бета-активності;
- якщо загальна альфа- та бета-активність не перевищують 0,1 Бк/дм³, воду можна використовувати для питних потреб;
- якщо зазначена умова не виконується, всі радіонукліди у воді слід визначити індивідуально та розрахувати дозу опромінення;
- якщо розрахункова доза перевищує 0,1 мЗв/рік, вода непридатна для пиття.

У деяких країнах ЄС використовується критерій оцінки радіоактивності води, який включає гамма-випромінювання на додаток до загальної альфа- та бета-активності. У разі невизначеної суміші радіоактивних елементів у воді сумарні альфа-, бета- та гамма-активності не повинні перевищувати 0,37 Бк/дм³.

Вимірювання радіоактивного забруднення поверхневих вод Польщі спрямоване на систематичний контроль концентрацій ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у водах річок та озер, а також ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu та ²³⁹Pu у донних

відкладах. Вимірювання загальної бета-активності у Польщі показують забруднення, що перевищують 400 Бк/дм³ для річкової води та понад 100 Бк/дм³ у водопровідній воді. Середній рівень бета-радіоактивності у поверхневих водах в основному зумовлений наявністю ⁴⁰K і становить 0,3 Бк/дм³. Забруднення поверхневих вод цезієм оцінюється у 0,01 Бк/дм³.

Загрозу для споживачів водопровідної води становлять ²²⁶Ra, ²²⁸Th, які теоретично можуть потрапити у питну воду внаслідок гідравлічного прориву. Більш значну загрозу становлять радіонукліди – похідні торію та радію, особливо радон ²²²Rn, а також полоній ²¹⁰Po, що випромінюють альфа-частинки.

Точне визначення забруднення водопровідної води та розрахунок ефективного еквівалента дози опромінення потребує детальних досліджень. Дослідження підземних вод показали, що природна радіоактивність підземних джерельних вод південної Польщі, де сконцентровано найбільше мінеральних вод, виникає в основному від елементів радіоактивного ряду урану ²³⁸U.

Більшість випромінювання надходить від радону ²²²Rn, тоді як концентрації активності урану або радію принаймні на два або більше порядки нижчі. Вища концентрація активного радію в глибоко циркуляційних водах пояснюється більшим часом контакту води з породами пластів. Крім того, розчинність радіонуклідів підтримується:

- мінералогічним та геохімічним складом ґрунтів і гірських порід;
- хімічним складом води;
- ступенем вивітрювання гірських порід;
- окиснювально-відновними умовами.

Що стосується ситуації в Україні, проблема питної води вже давно набула загально національних масштабів. Близько 60 % води в нашій країні визнано непридатними до пиття, особливо це стосується Дніпропетровської, Запорізької, Донецької, Київської, Одеської, Херсонської областей. Що стосується радіонуклідів, їх

вміст у водах річок та озер України порівняно з роками після аварії на Чорнобильській АЕС значно знизився. Починаючи з 2002 року середні річні концентрації ^{90}Sr та ^{137}Cs у водах Дніпра та Дніпровських водосховищ значно зменшились і стали значно нижчими за допустимі рівні вмісту цих радіонуклідів у воді (2 000 Бк/м³), встановлені нормами ДР-97 [3; 5].

Проведення відповідних робіт зі знезараження води дало свої результати. Тепер можна стверджувати, що ситуація стосовно забруднення дніпровського каскаду радіонуклідами перебуває в стабільному стані. Рівні забруднення практично досягли доаварійних значень і сьогодні немає підстав для погіршення радіаційного стану водосховищ дніпровського каскаду.

Радіоактивне забруднення повітря.

Основними джерелами надходження штучних радіоактивних речовин в атмосферне повітря стали:

- випробування атомної зброї;
- викиди ядерних реакторів;
- аварійні викиди на підприємствах ядерного паливного циклу (на атомних електростанціях).

Переважає більшість цих викидів (окрім ядерного палива реакторів) є короткоживучими з періодом напіврозпаду до 30 років [1].

Контроль за радіоактивним забрудненням атмосфери здійснюється на фоновому рівні, а також у зонах радіаційного впливу атомних електростанцій та інших джерел можливого радіонуклідного забруднення. В Україні при цьому особлива увага приділяється територіям, забрудненим унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, місцям видобутку урану, деяким територіям із підвищеним рівнем природного радіаційного фону [1; 6].

Важливим методологічним підходом до контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків радіоактивних речовин на великі відстані від місця викиду є низка спеціальних наземних та авіаційних станцій. Такі станції

обладнані системами відбору газу та аерозолів, збиранням сухих осідань та опадів, аналізу вмісту радіонуклідів та їх загальної і окремої радіоактивності у відібраних пробах повітря. Інформація від них надсилається у Західно- та Східноєвропейський метеорологічні синтезувальні центри.

За ступенем оперативності таку інформацію поділяють на види:

- *екстрена інформація*, яка містить відомості про різкі зміни рівнів радіоактивного забруднення атмосферного повітря, що негайно передаються в контролюючі та господарські організації. Завдяки системі такої інформації Швеція, розташована на відстані майже двох тисяч кілометрів від північних кордонів України, вже через добу після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. першою із зарубіжних країн виявила радіоактивні речовини в повітрі, тобто їх транскордонний перенос, і повідомила про неї відповідні міжнародні організації;

- *оперативна інформація*, що містить узагальнені матеріали спостережень за радіоактивністю повітря протягом місяця. Завдяки цій інформації радіонукліди, викинуті під час аварії на Чорнобильській АЕС, які вже через тиждень підпали під дію тропосферних вітрів, були виявлені послідовно практично в усіх країнах північної півкулі нашої планети, а радіонукліди, що були викинуті під час аварії на АЕС «Фукусіма-1», вже через тиждень були виявлені над Європою, у тому числі і над Україною;

- *режимна інформація*, що містить дані про середній та максимальний рівні радіоактивного забруднення повітря протягом тривалого часу, як правило, за рік, котра використовується для планування певних заходів, спрямованих на захист персоналу підприємств, населення від додаткового опромінення, оцінювання збитків, завданих народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря.

У Польщі радіоактивність аерозолів в атмосфері визначається на основі

вимірювань, проведених на станціях раннього виявлення забруднення (ASS-500). Відповідно до закону Prawo Atomowe, систематично оцінюється радіаційна обстановка у країні. Основу такої оцінки становлять насамперед результати вимірювань, отримані від станцій під час раннього виявлення радіоактивного забруднення, та від установ, які проводять вимірювання радіоактивного забруднення в атмосфері. На основі даних станції ASS-500 щодня публікується карта, яка показує щоденний розподіл потужності дози гамма-випромінювання по всій країні. Серйозних підвищень радіоактивності в атмосферному

повітрі на території Польщі останніми роками не спостерігалось [2].

Висновки. Вивчення проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища радіоактивними елементами, актуальне як для нашої країни, так і для всіх країн світу. Якщо ми аналізуємо цей вид забруднення в Україні, потрібно ретельно вивчати ситуацію з радіацією і щонайменше в сусідніх країнах, тому що для цього виду забруднення кордонів не існує. Дисципліни, пов'язані із вивченням радіації та захисту від неї, чи не найважливіші в зв'язку з необхідністю навчати майбутніх фахівців цієї справи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калда Г. С., Шевеля В. В., Беліков А. С., Килимник О. М. Захист від радіаційного та електромагнітного випромінювання : навч. посіб. Кам'янець-Подільський, 2013. 448 с.
2. Kalda G. S. Radioactive contamination control in Poland. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. Poland, t. XXX, z. 60, (nr 1/2013). 2013. Pp. 31–47.
3. Кузьменко М. І., Гудков Д. І., Кіреєв С. І. та ін. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах. Київ : Наукова думка, 2010. 261 с.
4. Bulgakov A., Konoplev A., Smith J., Laptev G., Voitsekhovich O. Fuel particles in the Chernobyl cooling pond : current state and prediction for remediation options. *J. Environmental Radioactivity*. 2009. № 100 (4). Pp. 329–332.
5. Канівець В. В., Деркач Г. А., Лісовий Г. В., Соколов С. Б. Цезій-137 у донних відкладах Київського водосховища. *Збірник тез доповідей XXIII-ї щорічної наукової конференції ІЯД НАНУ*. 2016. С. 215–216.
6. Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О., Кутлахмедов Ю. О., Гудков Д. І., Лазарев М. М. Радіоекологія. 2-е вид. Київ : НАУБіП України, 2011. 368 с. Херсон : Олді-Плюс, 2013. 467 с.
7. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. Харьков : КП «Городская типография», 2012. 536 с.

REFERENCES

1. Kalda G.S., Shevelya V.V., Belikov A.S. and Kylymnyk O.M. *Zakhyst vid radiatsiynoho ta elektromahnitnoho vyprominyuvannya : navch. posib.* [Protection against radiation and electromagnetic radiation : textbook]. Kamyanets-Podilsky, 2013, 448 p. (in Ukrainian).
2. Kalda G.S. Radioactive contamination control in Poland. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. Poland, t. XXX, z. 60, (nr 1/2013), 2013, pp. 31–47.
3. Kuzmenko M.I., Gudkov D.I., Kireev S.I. and oth. *Tekhnohenni radionuklidy u prysnovodnykh ekosystemakh* [Man-made radionuclides in freshwater ecosystems]. Kyiv : Naukova Dumka Publ., 2010, 261 p. (in Ukrainian).
4. Bulgakov A., Konoplev A., Smith J., Laptev G. and Voitsekhovich O. Fuel particles in the Chernobyl cooling pond : current state and prediction for remediation options. *J. Environmental Radioactivity*. 2009, no. 100 (4), pp. 329–332.
5. Kanivets V.V., Derkach G.A., Lisovyy G.V. and Sokolov S.B. *Tseziy-137 u donnykh vidkladakh Kyivskoho vodoshovyshcha* [Cesium-137 in the bottom sediments of the Kyiv Reservoir]. *Zbirnyk tez dopovidey KHKHIII-yi shchorichnoyi naukoviy konferentsiyi IYAD NANU* [Collection of abstracts of the XXIII annual scientific conference of the Institute of Natural Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2016, pp. 215–216. (in Ukrainian).
6. Gudlov I.M., Gaichenko V.A., Kashparov V.O., Kutlakhmedov Yu.O., Gudkov D.I., Lazarev M.M. *Radioekolohiya. 2-e vyd.* [Radioecology. 2nd edition]. Kyiv : NAUBiP of Ukraine, 2011, 368 p., Kherson : Oldi-Plus, 2013, 467 p. (in Ukrainian).
7. Medvedev V.V. *Monitoring pochv Ukrainy. Kontseptsiya. Itogi. Zadachi* [Monitoring of soils of Ukraine. Concept. Results. Tasks]. Kharkiv : KP “City Printing House”, 2012, 536 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 06.11.2022.