

РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА

RADIATION HYGIENE

<https://doi.org/10.32402/hygiene2025.75.063>

УДК 613.648:504.064, 613.62:614.876:504.05/06

ВИМОГИ ДО КОНТРОЛЮ ВМІСТУ ПРИРОДНОЇ РАДІОАКТИВНОСТІ У БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ

Павленко Т.О., Фризиук М.А., Аксьонов М.В., Турос А.О.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ, Україна

e-mail: travlenko@ukr.net

e-mail: m.friziuk@gmail.com

e-mail: nvaks1@gmail.com

Павленко Т.О. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0615-3123>

Фризиук М.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0764-010X>

Аксьонов М.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5643-6378>

Стаття аналізує міжнародний досвід та його відмінності від існуючої в Україні системи контролю природних радіонуклідів (ПРН) в будівельних матеріалах та конструкціях в контексті реалізації державної політики стосовно зменшення опромінення населення.

***Мета.** Аналіз нормативно-правової бази та міжнародних стандартів щодо забезпечення сучасної та ефективної системи радіаційного захисту населення від опромінення ПРН, які містяться в будівельних матеріалах та конструкціях.*

Розглянуто та проаналізовано вимоги міжнародної нормативно-правової бази (МАГАТЕ, Директиви Євратому) щодо вмісту ПРН в будівельних матеріалах та конструкціях, а також досвід їх реалізації на практиці, сучасні вживані механізми контролю цього джерела європейськими країнами.

Встановлено основні положення щодо імплементації вимог BSS і Директиви Ради 2013/59/Euratom державами-членами ЄС та іншими країнами, які стосуються зменшення доз опромінення населення від ПРН, та гармонізації цих вимог до відповідного рівня контролю ПРН у мінеральній сировині, будівельних матеріалах та конструкціях.

Наведено інформацію про основні міжнародні механізми та програми, які були розроблені та запроваджені в ЄС та неформальні міжнародні організації (Європейська асоціація NORM – ENA, HERCA – Голови європейських компетентних органів радіологічного захисту, IRPA – Міжнародна Асоціація Радіаційного Захисту), які координують міжнародну співпрацю в цій галузі.

Здійснено аналіз інформації про середні світові питомі активності ПРН у об'єктах навколишнього середовища, включно з мінеральною сировиною та будівельними матеріалами.

Встановлено, що питомі активності ПРН залежать від типу основної будівельної сировини та хімічних домішок, які використовуються при її виготовленні, і можуть варіювати від 40 до 2600 Бк/кг.

Проведено аналіз чинного законодавства та нормативної бази України щодо обмеження опромінення ПРН в будівельній галузі в контексті її відповідності міжнародним вимогам.

Встановлено, що існує нагальна потреба у розробці нормативних документів, методик, рекомендацій щодо будівництва та реконструкції будинків.

Висновок. *Дозові підходи щодо обмеження опромінення населення природними джерелами в існуючій ситуації окреслили дві проблеми, які неврегульовані українськими НПА: контроль опромінення населення, обумовлений ПРН в будівельних матеріалах та конструкціях та вимоги до обмеження опромінення на робочих місцях.*

Ключові слова. *Природні радіонукліди, будівельні матеріали, мінеральна сировина, доза опромінення, радіаційний захист, нормативні документи.*

REQUIREMENTS FOR CONTROL OF NATURAL RADIOACTIVITY IN BUILDING MATERIALS IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION OF UKRAINE

T. Pavlenko, M. Fryziuk, M. Aksonov, A. Turos

SI "Marzиеiev Institute for Public Health of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine

The article analyzes international experience and its differences from the Ukrainian existing system for control due to natural radioactivity in building materials in the context to the implementation of state policy regarding the reduction of population exposure.

Objectives. *Analysis the regulatory framework and international standards for ensuring a modern and effective radiation protection system of Ukrainian public from exposure to natural radionuclides contained in building materials and structures.*

The requirements of the international regulatory framework (IAEA, Euratom Directives) regarding the content of natural radioactivity in building materials and structures, as well as the experience of their implementation in practice and the modern mechanisms currently used by European countries to control this source, are considered and analyzed.

The main provisions regarding the implementation of the requirements of the BSS and Council Directive 2013/59/Euratom by EU Member States and other countries have been established, which relate to the reduction of population exposure doses from natural radiation sources and the harmonization of these requirements to the appropriate level of control of natural radiation sources in mineral raw materials, building materials and structures.

Information is provided main international mechanisms and programs that have been developed and implemented in the EU and informal international organizations (European Association NORM - ENA, HERCA - Heads of European Competent Authorities of Radiological Protection, IRPA - International Radiation Protection Association) that coordinate international cooperation in this field.

An analysis of information on the average global specific activities of natural radionuclides in environmental objects, including mineral raw materials and building materials, has been carried out.

It was established that the specific activities of natural radionuclides depend on the type of basic building raw materials and chemical additives used in their manufacture, and can vary from 40 to 2600 Bq/kg.

An analysis of the current legislation and regulatory framework of Ukraine regarding the limitation of radiation exposure in the construction industry in the context of its compliance with international requirements has been conducted.

An urgent need for the development of regulatory documents, methods, recommendations for the construction and reconstruction of buildings has been established.

Conclusion. *Dose approaches to limiting exposure for public from natural sources in the existing situation outlined two problems that are not regulated by the Ukrainian regulatory documents: control of public exposure determined by natural radioactivates in building materials and requirements for limiting exposure at workplaces.*

Keywords. *Natural radionuclides, building materials, mineral raw materials, exposure dose, radiation protection, regulatory documents.*

Природна радіоактивність тією чи іншою мірою завжди присутня в середовищі проживання людини, а також у різних видах сировини та будівельних матеріалах. Люди постійно зазнають опромінення у навколишньому середовищі та власному житті, а понад 23 мільйони працівників зазнають іще й додаткового професійного опромінення. У більшості країн світу серед складових сумарної середньорічної ефективної дози (ЕД) опромінення людини компонента джерел іонізуючого випромінювання природного походження переважає інші джерела. Зміни в умовах життя та нові технології збільшують вплив природних джерел. Це пов'язано з тим, що для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій все більше використовуються відходи з підвищеним вмістом природних радіонуклідів, або NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) в міжнародній аббревіатурі. Окрім того, люди все більше часу проводять в будинках або в міському середовищі, що також призводить до більш високих рівнів опромінення від радіоактивних матеріалів природного походження, що містяться у будівельних матеріалах, та більш вагомого збільшення опромінення радоном як в житлі, так і на робочих місцях, де це опромінення не є наслідком технологічного процесу (наприклад, навчальні та лікувальні заклади, офіси, торговельні центри, кінотеатри, бібліотеки, церкви та інш.). Цей ефект часто посилюється сучасними енергоефективними технологіями, які запроваджуються для будинків і які зменшують повітрообмін і тим самим підвищують концентрацію активності радону у приміщеннях [1-3].

Встановлено, що середньорічна ЕД зовнішнього опромінення за рахунок природних джерел випромінювання становить для більшості країн світу порядку 0,48 мЗв/рік, при цьому 0,41 мЗв/рік людина отримує в помешканнях (за умов коефіцієнта перебування у будинках 80%) і приблизно 0,07 мЗв/рік – поза їх межами. Доза від зовнішнього гамма-випромінювання в усьому світі в середньому в 1,4 рази вища в будинках, ніж на відкритому повітрі і варіює від 0,8 до 2,0 мЗв/рік [2,4-5].

Крім того, імовірно, опромінення в приміщеннях збільшиться в найближчому майбутньому через зростання використання в будівельній промисловості перероблених матеріалів і матеріалів, які раніше вважались відходами, що утворились в результаті промислових процесів. Такі матеріали часто містять підвищений вміст природних радіонуклідів (ПРН). Ефективне поводження з цими відходами має важливе значення для будь-яких галузей, на які впливає утворення відходів з NORM [6-9].

Отже, природні джерела випромінювання дають значний внесок у збільшення середньорічного опромінення населення.

Всі зазначені вище обставини підкреслюють безперечну актуальність створення сучасної системи контролю доз опромінення населення від природних джерел випромінювання та впровадження сучасних підходів щодо обмеження цього впливу у вітчизняну практику.

Метою роботи є аналіз нормативно-правової бази та міжнародних стандартів щодо забезпечення сучасної та ефективної системи радіаційного захисту населення від опромінення природними радіонуклідами, які містяться в будівельних матеріалах та конструкціях.

Система радіаційного захисту населення у сфері NORM у будівельних матеріалах: міжнародні вимоги.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) у першій частині «Основних стандартів безпеки» (Basic safety standards – BSS), які містять фундаментальні принципи

радіаційної безпеки, встановило вимогу (reg. 9) щодо обов'язковості запровадження системи захисних заходів для зменшення опромінення від природних джерел випромінювання та усунення радіаційних ризиків населення від цього фактора [10]. Ця вимога була імплементована Єврокомісією в Директиві Ради 2013/59/Euratom [11], яка регулює питання захисту людини, зокрема від опромінення радоном та будівельними матеріалами.

Основні елементи регулювання захисту населення від опромінення природними джерелами іонізуючого випромінювання (існуюча ситуація опромінення) представлені в документі BSS МАGATE GSR Part 3 «Радіаційний захист та безпека джерел випромінювання: міжнародні основні норми безпеки» [12]. Рекомендації щодо цих вимог для країн-членів ЄС також були імплементовані у Директиві Ради 2013/59/Euratom [11]. Ці документи вимагають встановити «похідні контрольні рівні для опромінення природними радіонуклідами... в будівельних матеріалах... які зазвичай повинні виражатися або базуватися на річній ефективній дозі для репрезентативної особи... в 1 мЗв у рік» (пункт 5.22). Референтний рівень 1 мЗв/рік застосовується до дози гамма-випромінювання, отриманої лише від будівельних матеріалів (тобто без урахування будь-якої додаткової дози від ^{222}Rn або ^{220}Rn , що виділяються з будівельних матеріалів у повітря приміщення і нормуються окремо).

Моніторинг питомої активності природних радіоактивних ізотопів ^{40}K , ^{226}Ra та ^{228}Th чи ^{232}Th у пробах мінеральної сировини та/або будівельних матеріалах дозволяє оцінити вплив на людей іонізуючого випромінювання, що обумовлюється цими матеріалами. Перевищення граничних значень показника (індексу) концентрації активності для сировини та/або будівельних матеріалів, визначених BSS [12], можуть призвести до ЕД опромінення, що значно перевищує 1 мЗв/рік – межу дози для населення [2,8].

І хоча Директива Ради 2013/59/Euratom [11] приділяє всебічну увагу опроміненню в приміщеннях від ПРН, але належне впровадження всіх відповідних норм BSS [12] непросте, особливо коли йдеться про регулювання виробництва та застосування на практиці будівельних матеріалів (Додаток XIII матеріали) та конструкцій. На жаль, BSS не надає адекватних методів оцінки річної дози гамма-опромінення від будівельних матеріалів. Це особливо складно, оскільки необхідно перевіряти на відповідність референтному рівню окремі будівельні матеріали, а відповідний референтний рівень стосується гамма-випромінювання від усіх будівельних матеріалів та конструкцій, наявних у приміщенні або споруді [6].

Більшість країн ЄС в останні роки запровадили національну нормативну базу та стандарти для будівельних матеріалів та готових конструкцій [2,4,13-14]. Ці документи демонструють різні підходи до обмеження опромінення ПРН з урахуванням особливостей кожної країни та її економічних особливостей, але уніфікують вимоги щодо сертифікації продукції для здійснення міжнародної торгівлі. Крім того, окремі підходи існують для визначення необхідності втручання на стадії проектування будинків, пов'язаної з розташуванням на радонебезпечних територіях [2,4].

У зв'язку з зобов'язанням щодо забезпечення застосування положень BSS [12] і Директиви Ради 2013/59/Euratom [11] державам-членам ЄС та іншим країнам необхідно приймати поправки до законів про атомну енергію та супутніх нормативних актів щодо обмеження опромінення від природної радіоактивності сировини та будівельних матеріалів, що призведе до гармонізації положень про радіоактивність у сировині та будівельних матеріалах [9].

З метою сприяння та покращення захисту від іонізуючого випромінювання в контексті впливу NORM ще у 2017 році була заснована Європейська асоціація NORM (European NORM Association – ENA), яка об'єднала раніше створені неформальні європейські мережі з цього питання. Вона має статут міжнародної некомерційної організації, створеної відповідно до законодавства Бельгії, і діє як європейська платформа та форум для обговорення, розповсюдження та обміну інформацією, навчання та освіти, а також підтримує наукові знання та нові напрямки досліджень, пов'язані з питаннями NORM. Ключовою

діяльністю ENA є обмін практичними рішеннями. З цією метою ENA збирає практиків радіаційного захисту, регуляторів, науковців і представників промисловості, щоб підтримати управління NORM відповідно до європейських стандартів і передового досвіду. Вона встановила тісні робочі відносини та зв'язки з МАГАТЕ, HERCA (Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities – Глави європейських компетентних органів радіологічного захисту), IRPA (International Radiation Protection Association – Міжнародна Асоціація Радіаційного Захисту) та іншими міжнародними ініціативами, отримавши визнання на міжнародному рівні. ENA створила робочі групи з NORM у промисловості, у навколишньому середовищі, у будівельних матеріалах і, у 2021 році, – робочу групу з виведення з експлуатації об'єктів з NORM. Було організовано три семінари, на яких обговорювалися актуальні питання NORM, а також серію вебінарів, на яких було представлено приклади з виведення з експлуатації об'єктів з NORM та обговорювались пов'язані з цим проблеми та практичні рішення [8].

Щоб мати уявлення про поточні практики та підходи щодо утилізації NORM в Європі, робоча група IRPA щодо поводження з NORM провела опитування серед членів робочої групи та інших експертів європейських країн. Результати виявили значні відмінності в методах і підходах. У багатьох країнах полігони використовуються для утилізації малих і середніх кількостей відходів NORM з обмеженою концентрацією активності. Але опитування показало, що незважаючи на єдину базу для національного законодавства в Європі, на практиці існують різні рамкові умови для утилізації відходів NORM. У деяких країнах утилізація ускладнена через те, що взаємодія між системою радіаційного захисту та режимом утилізації відходів ще чітко не регламентована. Окремі практичні проблеми включають відсутність прийняття відходів через клеймо «радіоактивності» та лише розпливчасті специфікації законодавців щодо зобов'язань щодо прийняття сектору поводження з відходами [7].

Точне визначення дози опромінення є ключем до забезпечення радіаційної безпеки, але при цьому виникають дві проблеми: по-перше, необхідні нові стандарти та еталонні галузі через швидкий розвиток промислового застосування NORM. По-друге, необхідні прямі канали зв'язку, щоб гарантувати, що інформація про передову практику вимірювань ефективно та швидко доходить до зацікавлених осіб («стейкхолдерів» – stakeholders). Тому виникла потреба у розробці нових нормативно-правових та методичних документів і стандартів та міжнародному обміні інформацією про виявлені проблеми та рішення [1,9].

У 2021 році було започатковано Європейську метрологічну мережу (European Metrology Network – EMN) з радіаційного захисту під егідою Європейської асоціації національних метрологічних інститутів (European Association of National Metrology Institutes – EURAMET). Ця мережа створювалась та фінансувалась у рамках проєкту Європейської метрологічної програми для інновацій та досліджень (European Metrology Programme for Innovation and Research – EMPIR) 19NET03 supportBSS, яка стала платформою для здійснення довгострокового постійного діалогу між стейкхолдерами (наприклад, органами влади, науковими колами, промисловістю та ін.) та метрологічною спільнотою у галузі регулювання іонізуючого випромінювання, забезпечуючи тим самим гарантію якості вимірювань у кожній із ситуацій опромінення, передбачених європейським законодавством. EMN стала унікальною контактною особою для вирішення всіх метрологічних потреб, пов'язаних з питань дозиметрії, і стосується всіх екологічних процесів, де присутні іонізуюче випромінювання та радіонукліди. Програма стратегічних досліджень спрямована на визначення потреб у метрології для підтримки європейського законодавства та регулювання в галузі радіаційного захисту і містить дві дорожні карти для метрологічних служб, які ще знаходяться на стадії розробки та охоплюють метрологічні потреби Договору про Євратом і Директиви Ради 2013/59/Euratom. Крім того, мережа підтримує довгостроковий обмін знаннями та нарощування потенціалу, а також розробляє пропозиції щодо створення сталої спільної європейської метрологічної інфраструктури. В подальшому це дозволить значно посилити метрологічні аспекти забезпечення радіаційного захисту населення. Кінцевою

метою мережевого проєкту є гармонізована, стійка, скоординована та розумно спеціалізована інфраструктура, яка буде основою поточних та майбутніх потреб, виражених у європейських правилах радіаційного захисту [1,3].

Таким чином, аналіз міжнародної нормативно-правової бази у сфері регулювання NORM доводить, що практика обмеження опромінення природними джерелами потребує нових гармонізованих стандартів та рекомендацій, методологічної, нормативної та законодавчої підтримки. Цього можна досягти шляхом розробки та глобального впровадження декількох відповідних європейських (міжнародних) стандартів та керівних принципів [15].

Природна радіоактивність будівельних матеріалів.

Усі будівельні матеріали містять різну кількість ПРН. Матеріали, отримані з гірських порід та ґрунту, містять переважно природні радіонукліди рядів урану (^{238}U) та торію (^{232}Th), а також радіоактивні ізотопи калію (^{40}K). У ряді урану сегмент ланцюжка розпаду, що починається з радію (^{226}Ra), є радіологічно найважливішим, тому частіше саме радій досліджується замість урану [16].

Сьогодні одним з найбільш часто вживаних будівельних матеріалів є бетон.

Бетон містить у собі – гравій чи щебінь, а заповнювачем виступає цементний розчин, але крім цього, він містить у собі ще й будівельний пісок. Питомі активності ПРН в бетоні, як правило, залежать від типу основної будівельної сировини та хімічних домішок, які використовуються при його виготовленні. Зазвичай основними будівельними матеріалами є пісок, гравій і галька, які не підвищують радіоактивність бетону [2,17-21] за винятком гранітів, пемзи, мармуру тощо, де питомі активності ПРН можуть сягати кількох тисяч Бк/кг [17,22-25].

Середні світові питомі активності ПРН у земній корі складають 40, 40 і 400 Бк/кг для ^{226}Ra , ^{232}Th і ^{40}K , відповідно, що близько до значень типових питомих активностей цих ПРН у бетоні [2,4,7,16-17]. Значення середньосвітових питомих активностей ПРН у найуживаніших будівельних матеріалах надано в таблиці 1.

Таблиця 1. Питомі активності радіонуклідів у будівельних матеріалах [16].

Назва матеріалу	Типова питома активність, Бк/кг			Максимальна питома активність, Бк/кг		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Найпоширеніші будівельні матеріали						
Бетон	40	30	400	240	190	1600
Газобетон і легкий бетон	60	40	430	2600	190	1600
Цегла глиняна червона	50	50	670	200	200	2000
Цегла силікатна	10	10	330	25	30	700
Природні будівельні камені	60	60	640	500	310	4000
Природний гіпс	10	10	80	70	100	200
Найпоширеніші промислові побічні продукти, що використовуються в будівельних матеріалах						
Побічний гіпс (фосфогіпс)	390	20	60	1100	160	300
Доменний шлак	270	70	240	2100	340	1000
Вугільна зола	180	100	650	1100	300	1500

У деяких країнах, наприклад, в Азербайджані, Бразилії, Чехії, Єгипті, Індонезії, Італії, Румунії, Індії, Китаї, Камеруні, Ірані в окремих районах наявність підвищених питомих активностей ПРН в гірських породах призводить до щорічних ЕД гамма-випромінювання в кілька мілізівертів. А у деяких районах Чехії, Ірану та Іспанії річні ЕД навіть перевищують 10 мЗв [2,14,19,24-27].

Крім того, для більшості країн основну небезпеку становлять різні домішки, які сьогодні використовують у нових технологіях для виготовлення, наприклад, газобетону, гіпсокартону тощо, такі як галунові сланці, алюмінієва пудра та інші. Ці домішки можуть значно збільшувати радіоактивність будівельних блоків та конструкцій і сягати 2600 Бк/кг [2,6,13-14,21,28].

Також існує окрема проблема використання промислових залишків, зол, шлаків, фосфогіпсу. Ці матеріали можуть мати підвищені питомі активності ПРН (до кількох тисяч Бк/кг) через процеси концентрації, що відбуваються під час утворення залишків [2,7,9,14,22-24,29-32].

В документі МАГАТЕ Серія звітів з безпеки №117 «Регуляторний контроль опромінення радіонуклідами в будівельних матеріалах та конструкційних матеріалах» (п. 3.3.3) [2] рекомендується створення вимог та рекомендацій для перевірки будівельних матеріалів, що містять радіонукліди природного походження.

Як вже зазначалось, референтний рівень, що є основою для національних нормативних актів, базується на значенні річної ЕД 1 мЗв. Але розрахунок річної ЕД може бути складним і повинен використовуватися лише експертами з радіаційного захисту. Тому дуже поширеною практикою є включення інструменту скринінгу до нормативних актів або керівних принципів з метою забезпечення простішого способу підтвердження відповідності будівельних матеріалів референтному рівню.

Інструментом скринінгу може бути простий розрахунок індексу активності на основі вимірянних питомих активностей ^{226}Ra , ^{232}Th і ^{40}K . Одним із прикладів такої формули є наступний розрахунок індексу активності I , рекомендований органами радіаційного захисту країн Північної Європи у 2000 році [2,33]:

$$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000},$$

де: C_{Ra} , C_{Th} , C_K – фактичні значення питомої активності відповідних радіонуклідів у будівельних матеріалах, Бк/кг.

Якщо результат цього розрахунку нижчий за межу, встановлену у національних нормативних актах або настановах, очікується, що використання будівельного матеріалу відповідатиме референтному рівню 1 мЗв/рік [2,33].

Припущення та умови, на яких базується інструмент скринінгу, повинні бути достатньо консервативними та репрезентативними для держави, в якій вони використовуються. Для композитних будівельних матеріалів інструмент скринінгу застосовується до кінцевої суміші будівельних матеріалів, а не до окремих її складових. У випадках, коли кінцевий продукт важко оцінити, може бути достатньо застосувати відповідний коефіцієнт розподілу до результатів скринінгу всіх його окремих складових.

Якщо сировина використовується в будівництві без подальшого змішування або переробки, інструмент скринінгу застосовується до неї таким самим чином.

Якщо будівельні матеріали не використовуються як сипучі матеріали, а, наприклад, як поверхневі або декоративні матеріали, такі як плитка, гіпсокартон або гранітне облицювання, може застосовуватися інша межа для індексу активності [2].

Наприклад, у Китаї, Чеській Республіці та Фінляндії поверхневі матеріали розглядаються окремо від матеріалів сипучих. Якщо будівельний матеріал перевищує цю

змінену межу, його все одно можна використовувати в обмеженому режимі для сценаріїв, які описано в національних нормативних актах [2].

Аналіз стану щодо радіаційного захисту від ПРН в Україні.

В Україні проблема забезпечення стратегій захисту населення від впливу опромінення ПРН, зокрема у будівельних матеріалах, все ще знаходиться у стадії розвитку.

Наша країна має власний досвід з цього питання і нормативні значення рівнів обов'язкових дій щодо вмісту ПРН в будівельних матеріалах і сировині були затверджені ще у 1997 році у «Нормах радіаційної безпеки (НРБУ-97)» [34], а регламенти контролю та самі процедури оцінки класу будівельних матеріалів та сировини були прописані у Державних будівельних нормах (ДБН) (ДБН В.1.4-0.01-97; ДБН В.1.4-0.02-97; ДБН В.1.4-1.01-97; ДБН В.1.4-2.01-97) [35]. Проте реформування державної системи практично анулювало вимоги та правила контролю, що містились у цих документах.

Так, контроль за дотриманням цих регламентів делегувався радіологічним відділам санепіднагляду, які були розформовані в 2013 році, а в 2017 році були скасовані і самі ДБН, які стосувалися безпосередньо контролю ПРН: «Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві» [35]. На даний час в нових ДБН «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» (ДБН В.2.2-15:2019) [36] про радіаційний контроль стосовно радону та ПРН лише згадується у трьох пунктах (пп. 10.13-10.15) без пояснень, як і яким чином він повинен здійснюватися.

З 2013 року у нашій країні вміст ПРН в будівельних матеріалах і сировині практично не контролюється. Не контролюються й інші радіаційно-гігієнічні нормативи при здачі будинків в експлуатацію.

Таким чином, сьогодні вплив цього джерела на здоров'я населення не контролюється належним чином.

Нова система регуляторного контролю вимагає розробки сучасної нормативно-правової бази та розподілу обов'язків щодо його контролю, пояснень щодо застосування нової термінології, нових методичних підходів щодо оцінки не тільки ПРН у будівельних матеріалах, але і в конструкціях.

У серпні 2023 року Верховна Рада нарешті затвердила правки в Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» [37] та запровадила нову термінологію і вимоги Директиви Ради 2013/59/Euratom [11] щодо захисту населення в існуючій ситуації опромінення, заклавши, таким чином, підґрунтя для перегляду та розробки сучасної вітчизняної нормативно-правової бази.

У 2022 році лабораторією радіаційного захисту разом з ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України» був розроблений Санітарний регламент «Основні норми безпеки поводження з матеріалами, які вміщують радіонукліди природного походження», який, згідно з Розпорядженням КМУ від 09.02.2024 №133-р «Про затвердження плану заходів з виконання рекомендацій Європейської Комісії, представлених у Звіті про прогрес України в рамках Пакета розширення Європейського Союзу 2023 року» [38], який мав бути затверджений ще у липні 2024 року.

Цей документ пройшов процедури узгодження з 8 міністерствами та відомствами, в рамках яких виникло багато запитань щодо нових понять та підходів до обмеження опромінення населення природними джерелами, проте не затверджений МОЗ і досі.

У все ще чинному нормативному документі НРБУ-97 [34] для обмеження опромінення техногенно-підсиленими джерелами природного походження використовуються поняття «рівні дій», «рівні обов'язкових дій», а нова система вводить дозові критерії для класифікації будівельних матеріалів та референтні рівні для радону в повітрі. Діюча сьогодні в Україні нормативно-правова база в галузі радіаційного захисту значно відстає від світової практики. Ця система базується на жорсткому регулюванні опромінення населення вже неіснуючим санепіднаглядом. Проте, сучасні вимоги до радіаційного захисту населення для існуючої ситуації опромінення застосовують м'який, диференційований підхід до зменшення доз опромінення на підставі застосування процедур

виправданості та оптимізації. Так, при узгодженні санітарного регламенту багато запитань було до практики впровадження критеріїв невинуватеності втручання при поводженні з побічним природним радіоактивним матеріалом, впровадження у практику показників радіаційної безпеки при виборі земельної ділянки, проєктування, будівництва/реконструкції та здавання в експлуатацію будівель та споруд (нововведення для української практики) тощо.

Всі ці питання прямо пов'язані з повоєнною відбудовою країни та впровадженням європейської концепції "зеленого будинку" та зменшення дозового навантаження населення, обумовленого джерелами випромінювання природного походження.

Врегулювання цієї проблеми вимагає обґрунтування, розробки та запровадження нових механізмів реалізації державної політики у галузі радіаційного захисту населення.

Висновок

Дозові підходи щодо обмеження опромінення населення природними джерелами у існуючій ситуації окреслили дві проблеми, які невинуватені українським НПА: контроль опромінення населення, обумовлений ПРН в будівельних матеріалах та конструкціях та вимоги до обмеження опромінення на робочих місцях, де це опромінення не є наслідком технологічного процесу.

Внески авторів:

Павленко Т.О. – аналіз міжнародної нормативно-правової бази, участь у написанні статті, висновок, анотація, переклад анотації;

Фризюк М.А. – участь у визначенні мети, здійснення літературного пошуку щодо проблеми статті, участь у написанні статті, редагування;

Аксьонов М.В. – участь у визначенні мети, здійснення літературного пошуку щодо проблеми статті, участь у написанні статті, редагування;

Турос А.О. – участь у здійсненні літературного пошуку щодо проблеми статті, участь у написанні статті.

Фінансування. НАМНУ.

Конфлікт інтересів. Відсутній.

REFERENCES

1. Röttger A, Veres A, Sochor V, et al. Metrology for radiation protection: a new European network in the foundation phase. *Advances in Geosciences*. 2021;57:1-7.
doi: <https://doi.org/10.5194/adgeo-57-1-2021>
2. Regulatory control of exposure due to radionuclides in building materials and construction materials. International Atomic Energy Agency. Safety Reports Series No. 117. Vienna: IAEA; 2023. 71 p.
3. Alves JG, Caldeira MC, Rottger A, et al. Metrology supporting the European regulation for radiation protection. *Radiation Protection Dosimetry*. 2024;200(2):155-63.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad289>
4. Protection Against Exposure Due to Radon Indoors and Gamma Radiation from Construction Materials - Methods of Prevention and Mitigation. International Atomic Energy Agency. TECDOC Series. IAEA-TECDOC-1951. Vienna: IAEA; 2021. 53 p.
5. Effects of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2006). Vol. 2. Annex E: Sources-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. New York: UN. 2009:201-334. Available from: https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2006_Report_Vol.II.pdf
6. Smetsers RCGM, Jasper T. A practical approach to limit the radiation dose from building materials applied in dwellings, in compliance with the European Basic Safety Standards. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2019;196:40-9.

- doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.10.007>
7. Gellermann R, Caplin H, Chambers N, et al. Experience with NORM waste disposal in different European countries. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023;199(8-9):835-42.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad115>
 8. Gellermann R, Ahrens C, Friedreich S, et al. The European NORM Association (ENA) - promoting radiation protection in the field of norm in Europe. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023;199(8-9):937-40.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad129>
 9. Kurek K, Isajenko K, Piotrowska B, et al. Impact of legislative change on the classification of raw materials and building materials in terms of natural radioactivity. *Zeszyty Naukowe SGSP*. 2023;1(88):211-31.
doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1459>
 10. Governmental, legal and regulatory framework for safety: general safety requirements. International Atomic Energy Agency. Safety Standards Series No. GSR Part 1. Vienna: IAEA; 2010. 40 p.
 11. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 Laying Down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation, and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. *Official Journal of the European Union*. 2014;57:L13. 73 p.
 12. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. International Atomic Energy Agency. General Safety Requirements No. GSR Part 3. Vienna: IAEA; 2014. 436 p.
 13. Radionuclides in building materials. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Germany: BfS, Salzgitter; 2022. Available from: https://www.bfs.de/EN/topics/ion/environment/building-materials/radionuclides/radionuclides_node.html
 14. Building materials. Czech National Radiation Protection Institute (SÚRO). Prague, Czech Republic: SÚRO; 2022. Available from: <https://www.suro.cz/en/prirodnioz/building-materials>
 15. Kovler K, Tsapalov A, Bobkier R, et al. Indoor radon and NORM in building materials: Critical analysis of the current European regulation and road map for the next decade. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2025;285:107668.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2025.107668>
 16. IAEA. Building materials. Available from: https://www.iaea.org/sites/default/files/21/12/9_building_materials.pdf
 17. Sanjuán MÁ, Suarez-Navarro JA, Argiz C, Mora P. Assessment of radiation hazards of white and grey Portland cements. *Radioanal Nucl Chem*. 2019;322:1169-77.
doi: <https://doi.org/10.1007/s10967-019-06824-y>
 18. Çetinkaya H, Manisa K, Işık U. Radioactivity content of building materials used in Kutahya province, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*. 2022;198(3):167-74.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncac012>
 19. Abate T, Eshete S. Determination of radioactivity levels in black and white sands used for buildings and estimation of radiation hazards in the north-west region of Ethiopia. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023;199(1):69-78.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncac237>
 20. Hassan NM, Lee JB. Radiological impact of using decorative granite as an attenuator of ionizing radiation. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023;199(1):11-19.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncac213>
 21. Caridi F, Paladini G, Mottese AF, et al. Natural Radioactivity in Raw Building Materials for Underground Parking Lots and Assessment of Radiological Health Risk for the Population. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2024;21(3):315.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph21030315>
 22. Shen Z, Zhang Q, Cheng W, Chen Q. Radioactivity of five typical general industrial solid wastes and its influence in solid waste recycling. *Minerals*. 2019;9(3):168.

- doi: <https://doi.org/10.3390/min9030168>
23. Madruga MJ, Miro C, Reis M, Silva L. Radiation exposure from natural radionuclides in building materials. *Radiation Protection Dosimetry*. 2019;185(1):49-57.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy256>
 24. Tuo F, Peng X, Zhou Q, Zhang J. Assessment of natural radioactivity levels and radiological hazards in building materials. *Radiation Protection Dosimetry*. 2020;188(3):316-21.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncz289>
 25. Lakshmi K, Meenakshisundaram V, Punniyakotti J. Natural radioactivity content in various building materials of Chennai, Tamil Nadu, India. *Radiation Protection and Environment*. 2022;45(2):88-93.
doi: https://doi.org/10.4103/rpe.rpe_14_22
 26. Kayo SA, Moyo MN, Shouop CJG, et al. Multivariate statistical assessment of natural radioactivity and radiological hazards data of cement building materials mainly used in Cameroon. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021;14:2487.
doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08717-5>
 27. Imani M, Adelikhah M, Shahrokhi A, et al. Natural radioactivity and radiological risks of common building materials used in Semnan Province dwellings, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021;28:41492-503.
doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13469-6>
 28. Concrete Materials and Methods of Concrete Construction/Test Methods and Standard Practices for Concrete. Canadian Standards Association. CSA A23.1:19/CSA A23.2:19. CSA. Toronto, 2019. Available from: <https://standards.globalspec.com/std/13365659/csa-a23-1-a23-2>
 29. Mas JL, Caro Ramirez JR, Hurtado Bermudez S, Leiva Fernandez C. Assessment of natural radioactivity levels and radiation exposure in new building materials in Spain. *Radiation Protection Dosimetry*. 2021;194(2-3):178-85.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab089>
 30. Sanjuán MA. 9-Coal bottom ash natural radioactivity in building materials. In book: *Advances in the Toxicity of Construction and Building Materials*. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. 2022:207-24.
doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824533-0.00006-2>
 31. Djabou RE, Belafrites A. Assessment of radioactivity levels and radiological hazard indices in phosphate and phosphate mine waste samples from Algeria. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023;199(18):2218-23.
doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad061>
 32. Gavela S, Papadakos G. Activity Concentration Index Values for Concrete Multistory Residences in Greece Due to Fly Ash Addition in Cement. *Advances in Engineering. Sustainable and Green Technologies for Industrial Chemical Engineering: Special Issue*. 2023;4(4):2926-40.
doi: <https://doi.org/10.3390/eng4040164>
 33. Naturally Occurring Radioactivity in the Nordic Countries - Recommendations / The Radiation Protection Authorities In Denmark, Finland, Iceland, Norway And Sweden. Swedish Radiation Protection Institute. Stockholm, 2000.
 34. [Radiation safety standards of Ukraine (NRBU-97): State hygienic standards. SHS 6.6.1.-6.5.001-98]. Kyiv; 1998. 135 p. Ukrainian.
 35. [The system of standards and rules for reducing the level of ionizing radiation from natural radionuclides in construction: State Building Standards of Ukraine (SBS B.1.4-0.01-97, SBS B.1.4-0.02-97, SBS B.1.4-1.01-97, SBS B.1.4-2.01-97)]. Kyiv: State Committee for Urban Development of Ukraine. 1997. 98 p. Ukrainian.
 36. [Buildings and structures. Dwelling buildings. Basic requirements: State Building Standards of Ukraine (SBS B.2.2-15:2019)]. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. Inf. Bulletin. 2019;8. 44 p. Ukrainian.
 37. [On Protection of Humans from the Effects of Ionising Radiation. Law of Ukraine]. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80#Text>

38. [On approval of the action plan for implementing the recommendations of the European Commission presented in the Progress Report on Ukraine within the framework of the 2023 European Union Enlargement Package: Order of the CMU of February 9, 2024 No. 133-r] Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/133-2024-%D1%80#Text>

Надійшла до редакції / Received: 02.10.2025