

РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА

RADIATION HYGIENE

<https://doi.org/10.32402/hygiene2019.69.154>

УДК 614.876:613.55:546.296

СВІТОВИЙ ДОСВІД ЗАПРОВАДЖЕННЯ ПЛАНІВ ДІЙ ЩОДО ЗАХИСТУ ВІД РАДОНУ (огляд)

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

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

В статті надано огляд стану національної радонової політики та стратегій і національних планів дій щодо радону у країнах ЄС, а також у значній кількості країн, що не входять до ЄС.

Довгостроковою метою національних планів дій є зменшення ризику раку легенів, спричиненого дією радону, за рахунок зниження концентрації радону в приміщенні. Національні плани дій щодо радону повинні ґрунтуватися на інформації про рівні радону (вимірювання концентрації в приміщенні, опитування населення щодо рівня обізнаності, економічний аналіз) та співпраці на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Створення національного плану дій з радону є багатодисциплінарним питанням, яке включає розробку нормативно-правової бази, комунікацію із зацікавленими сторонами, розробку національних протоколів вимірювань, проведення національних вимірювань рівнів радону, розробку вимог, що стосуються радону у будівельних нормах, та розробку заходів щодо зниження рівня радону в існуючих або нових будівлях, що відповідають традиціям та практиці будівництва будинків у державі.

У розвинених країнах, таких як США, Канада, Франція, Швейцарія, Бельгія, Чеська Республіка та інші плани дій щодо радону розроблені та впроваджені. У деяких країнах діяльність, пов'язана з радоном, стосується лише вимірювання рівнів радону в приміщенні, у ґрунті чи воді з науковою метою. У більшості країн встановлені референтні рівні або межі концентрації радону в приміщенні для існуючих та нових будівель, а також створені національні бази даних щодо радону.

Аналіз досвіду створення підходів до контролю опромінення радоном населення допоможе іншим країнам розробити та впровадити національні плани дій щодо радону.

Ключові слова: *радон, план дій щодо радону, національна радонова політика та стратегії.*

MODERN WORLD EXPERIENCE IN THE IMPLEMENTATION OF RADON ACTION PLANS (review)

N. Aksionov, M. Fryziuk, T. Pavlenko

State Institution "O.M. Marzheiev Institute for Public Health, NAMSU", Kyiv

The review of the state of national radon policies, strategies and national action plans for radon in the EU countries as well as in a significant number of countries outside the EU is presented in this article.

A reduction of lung cancer risk caused by exposure to radon due to a decrease of indoor radon concentration is a long-term objective of the national action plans. National radon action plans should be based on the information on radon levels (measurements of indoor concentrations, survey of the population on the level of awareness, economic analysis) and cooperation at national, regional and local levels.

The development of the national radon action plan is a multidisciplinary issue which includes the development of regulatory framework, communication with interested parties, development of national measurement protocols, carrying out of the national radon measurements, development of the requirements relating to radon in building norms, and development of measures for reduction of radon levels in existing or new buildings that are relevant to the customs and practices for the construction of buildings in the state.

Radon action plans have been developed and implemented in developed countries such as USA, Canada, France, Switzerland, Belgium, Czech Republic. In some countries, radon related activities involve only the measurements of indoor radon, radon in soil or in water for scientific purposes. In the most countries, the reference levels or limits for indoor radon concentration for existing and new buildings have been established, the national radon database has been done as well.

Analysis of the experience of the development of the approaches to the control of radon exposure of the population will help other countries to develop and to implement the national radon action plans.

Keywords: *radon, radon action plan, national radon policy and strategies.*

Важливість проблеми регулювання опромінення населення радоном широко сприйнята у світі. За останні 15-20 років у різних країнах було проведено понад 20 епідеміологічних досліджень впливу радону на здоров'я населення, виконаних методом "випадок-контроль" (13 європейських досліджень, 7 досліджень у Північній Америці, 2 китайських дослідження). Це дозволило провести пряму оцінку ризику для населення від опромінення радоном у будівлях без необхідності екстраполяції параметрів ризику, отриманих в дослідженнях серед шахтарів уранових шахт [1–3].

З аналізу результатів цих досліджень було встановлено, що до 14% випадків раку легень обумовлено опроміненням населення радоном в житлі, і на кожні додаткові 100 Бк/м³ при хронічному опроміненні впродовж 30 років ризик реалізації раку (імовірність легеневих онкологічних захворювань) збільшується в середньому на 10% та прямо залежить від середнього рівня об'ємної активності (ОА) радону в повітрі [4–5]. Ще декілька епідеміологічних досліджень підтвердили значущість біологічного ризику впливу радону навіть при відносно помірних рівнях ОА [6].

Усе це визначило значущість радонової проблеми на національних рівнях, що було відображено у міжнародних нормативно-правових документах.

Так, у документі Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) "Серія норм з безпеки" (GSR. Part 3 (Interim), 2011 р.) [7], крім ряду інших нововведень, встановлено вимоги: "Там, де визначені активності радону, які представляють інтерес для громадського здоров'я..., уряд повинен гарантувати, що запроваджено план дій, який містить узгоджені дії щодо зниження активності радону в існуючих будинках і в майбутніх будинках".

Пізніше вимоги цього документа були імплементовані Єврокомісією в Директиві Ради 2013/59/Euratom [8], в якій положеннями регулюються в тому числі питання щодо захисту людини від опромінення радоном, серед іншого від держав вимагається розробити національні плани дій щодо радону та ідентифікувати так звані радононебезпечні території.

У зв'язку з цим Міжнародна комісія з радіологічного захисту видала Публікацію 126 (2015 р.) [9], в якій пропонується державам створювати національні плани дій щодо радону, метою яких є формування науково-методичної, технічної та організаційної баз для зменшення негативного впливу радону на здоров'я людини та визначення радононебезпечних територій.

Основні вимоги стосовно змісту національних планів дій щодо радону були викладені у Директиві Ради 2013/59/Euratom у розділах XVIII (стаття 74) та IX (стаття 103) [8].

В рекомендаціях Основних стандартів безпеки МАГАТЕ "Захист населення від опромінення радоном та іншими джерелами природного походження в приміщенні" (SSG-32, 2015 р.) був серед іншого наданий алгоритм стандартного плану дій. Відповідно до цього документа, стандартний план дій щодо радону має містити наступні завдання [10]:

1. Уряд має визначити компетентну організацію, відповідальну за реалізацію плану дій, та забезпечити фінансування основних напрямків робіт.

2. Організація, відповідальна за реалізацію плану дій, має визначити стратегію комунікацій з усіма компетентними організаціями за окремими напрямками робіт та зацікавленими сторонами.

3. Проведення національного дослідження рівнів радону у будинках, на робочих місцях, громадських спорудах та закладах або аналіз попередніх даних, якщо вони репрезентативні, та визначення пріоритетних регіонів країни.

4. Імплементация регламентів, що не перевищують встановлені референтні рівні для радону у повітрі будинків та на робочих місцях.

5. Визначення відповідальних за контроль реалізації заходів у державних спорудах та будинках і роботодавців щодо активності радону на робочих місцях.

6. Розробка та запровадження будівельних регламентів щодо процедур оцінки радононебезпечності існуючих будинків та алгоритму проведення протирадонових заходів.

7. Розробка будівельних стандартів щодо радонозахищеності для нових будинків на ідентифікованих радононебезпечних територіях.

8. Розробка та впровадження навчальних курсів для фахівців з проблеми радону та протирадонових заходів.

9. Визначення періодичності перегляду плану дій та оцінки його ефективності.

Довгостроковою метою національних планів дій є зменшення ризику раку легенів, спричиненого дією радону, за рахунок зниження концентрації радону в приміщенні. Національні плани дій щодо радону повинні ґрунтуватися на інформації про рівні радону (обстеження концентрації в приміщенні, опитування населення щодо рівня обізнаності, економічний аналіз) та співпраці на національному, регіональному та місцевому рівнях.

На сьогодні в Україні національного плану дій щодо зниження радіаційних ризиків населення від радону не існує. Проблема забезпечення стратегій захисту населення від впливу опромінення радоном знаходиться у стадії розвитку.

Таким чином, всі зазначені вище обставини підкреслюють актуальність і необхідність вивчення світового досвіду стосовно запровадження планів дій щодо захисту населення від радону.

Метою роботи є дослідження досвіду запровадження національної радонової політики та стратегій, а також національних планів дій у різних країнах.

Стратегії захисту від радону у різних країнах.

В різних країнах плани дій або програми щодо радону почали запроваджуватись ще на початку 90-х років минулого століття.

Так, у США програма "Радон" розпочата ще у 1985 році. Відповідні закони були прийняті у 15 штатах. Для близько 10% випадків раку легенів був встановлений зв'язок з опромінення радоном. Також було визначено радононебезпечні території. Федеральний радоновий план дій розроблено спільно дев'ятьма агентствами, з 2010 року запущено більше 30 нових проектів в трьох напрямках: вимірювання радону, надання фінансової підтримки для зниження ризику від опромінення радоном, демонстрація важливості, доцільності та зменшення радонового ризику [11]. Окреслено цільову групу для проведення протирадонових заходів [12].

Федеральний план дій виконувався впродовж 2011-2015 років. Була запроваджена десятирічна національна програма з поліпшення здоров'я всіх американців "Здорові люди 2020" [13].

Основні напрямки плану дій включають:

- демонстрація важливості, здійсненності та цінності вимірювань та зниження рівнів радону;
- забезпечення економічних стимулів для заохочення тих, хто володіє достатніми ресурсами, надати пряму підтримку тим, хто не має достатніх ресурсів, у проведенні вимірювань та протирадонових заходів;
- підвищення попиту на послуги з боку професійної, загальнонаціональної галузі радонових послуг.

У Канаді була запроваджена Національна радонова програма з 2008 року, яка включала [14]:

- федеральну програму досліджень рівнів радону у будівлях;
- проєкт щодо вимірювань радону у житлових будинках по території країни з перехресною вибіркою будівель;
- розробку нового Національного будівельного кодексу, до якого включені заходи із захисту від радону;
- розробку керівних документів щодо вимірювання рівнів радону та проведення протирадонових заходів;
- розробку програми сертифікації;
- розробку моделі картування радонового потенціалу;
- проведення вимірювань у будівельних матеріалах та мінеральній сировині;
- проведення освітніх та просвітницьких програм щодо радону по всій країні;
- створення вимірювальних лабораторій та надання послуг з вимірювань і проведення захисних заходів та ін.

В країнах Західної Європи плани дій або програми щодо радону існують у більшості держав.

В 2006 році план дій щодо виявлення та ремедіації будинків, у яких активність радону перевищує національний референтний рівень було запроваджено в Ірландії [15].

Основні напрямки плану склали:

- ініціативи щодо підвищення обізнаності про радон;
- створення карт радонового ризику;
- інформаційні кампанії;
- профілактичні заходи щодо радону в нових будинках;
- протирадонові заходи в будинках з високими активностями радону;
- внесення змін до будівельних норм 1997 року;
- надання послуг з проведення вимірювань радону;
- надання послуг з виконання протирадонових заходів;
- навчання фахівців тощо.

У Франції за Національним планом дій на 2011-2015 роки (в продовження плану на 2005-2008 роки) здійснювалось управління ризиком від радону [16]. План дій спрямований на зниження впливу радону в існуючих житлових будинках та застосування нових правил будівництва для нових будівель.

Комітетом з моніторингу радону передбачено здійснення наступних кроків.

1. Управління радоновим ризиком в існуючих житлових будинках:

- розробка нормативних документів;
- тестування нових правил в трьох пілотних зонах;
- створення керівних принципів прийняття рішень для місцевих органів влади.

2. Розробка будівельних норм, у тому числі для новозбудованих житлових будинків.

3. Розробка та оновлення нормативів та правил для громадських будівель та робочих місць.

4. Нові інструменти управління; операційна система для діагностики в будівлях і виконання робіт професіоналами:

- сертифікація технічних фахівців з діагностики будівель;

- карта пріоритетних щодо радону географічних районів;
- стандартизація методів вимірювання радону.

5. Вивчення та дослідження політики радіологічного захисту.

Планом дій також передбачається створення нових карт радонового ризику.

У Швейцарії в продовження національного плану дій щодо радону на 1994-2014 роки було запроваджено план на 2012-2020 роки. Він був розділений на два етапи: перший (2012-2014 рр.) передбачав адаптацію нового законодавства та проведення підготовчих дій; другий (2014-2020 рр.) – передбачає здійснення захисних заходів, визначених в новому законодавстві [17].

Національний план дій щодо радону передбачає:

- перегляд правових норм;
- поглиблене вивчення ситуації щодо радону в житлі – розширення кампаній з вимірювань;
- просування політики захисту від радону в будівлях – більш строгі будівельні норми та правила, проведення захисних заходів;
- узгодження вибору протирадонового захисту та енергозбереження;
- включення обізнаності про проблему радону в процес відновлення енергії;
- інтеграція проблеми радону в підготовку будівельних фахівців та просування можливих рішень – професійна підготовка;
- підвищення обізнаності громадськості про проблеми зі здоров'ям, обумовлених дією радону;
- розробка програм з науково-технічних аспектів.

У Норвегії на даний час існує національна стратегія щодо зниження дії радону. У державі проводиться дослідницька робота за цим напрямком, запроваджено рівні втручання, створюються радонові карти та проводяться протирадонові заходи. Проводиться моніторинг радону в школах, дитячих садках, муніципальних будівлях та на робочих місцях з подальшими заходами для зниження рівнів радону [18].

Впродовж чотирьох десятиліть у Великій Британії проводяться регулярні роботи щодо контролю радону в житлових будинках та на робочих місцях, визначення будівель з високими рівнями радону та проведення в них протирадонових заходів з підтвердженням їх ефективності. Регулярно проводиться оновлення карт радонового ризику, надаються послуги по вимірюванню радону, розроблено керівництво із захисних заходів щодо радону для нових будівель, прибудов, реконструйованих та переобладнаних будівель, проводиться просвітницька робота з населенням.

В рамках імплементації Директиви 2013/59/Euratom [8] були розроблені робочі положення плану дій щодо радону та представлені на громадське обговорення. У 2018 році усі зауваження та коментарі були враховані в зміненому та оновленому проєкті національного плану дій. У цьому документі представлено існуючі елементи радонового контролю, які складають національну радонову стратегію та національний план дій з радону [19].

План дій включає:

- інформацію про ризики для здоров'я від дії радону на населення;
- національну стратегію та заходи з управління дією радону в будинках та на робочих місцях;
- заходи для уряду та місцевих органів самоврядування з інформування громадськості та місцевих органів влади щодо ризиків від радону.

У Фінляндії державна програма щодо радону відсутня, але проводиться регулярна безперервна робота з проблем радону на національному та регіональному рівні. Створено карту радонового ризику, проводиться просвітницька робота з населенням, здійснюються вимірювання рівнів радону в житлі та на робочих місцях, профілактичні заходи в нових будівлях, підготовка фахівців [20-21].

У Німеччині в рамках імплементації Директиви 2013/59/Euratom [8] було прийнято Закон про радіаційний захист, який з кінця 2018 року передбачає проведення заходів для за-

хисту здоров'я людей, які проживають в районах з високими концентраціями радону. Закон включає серед іншого розробку плану дій щодо радону [22].

Першим кроком до реалізації плану дій є нещодавно опубліковане "Керівництво з радону" Федерального відомства з радіаційного захисту, в якому описується структура заходів для захисту від радону.

План дій має включати, зокрема:

- розробку єдиних вимірювальних стратегій для вимірювання концентрації радону в приміщеннях та в ґрунтовому повітрі;
- вимірювання радону в будинках та в ґрунтовому повітрі;
- оцінку конструктивних особливостей захисних заходів від радону;
- розробку методичних рекомендацій щодо визначення рівнів радону на робочих місцях;
- зв'язки з громадськістю.

В останні роки національні радонові програми, які включають дослідження рівнів радону у повітрі будинків, стратегії моніторингу та зменшення радонових ризиків, розроблено або розглянуто в ряді європейських країн (Угорщина, Данія, Італія, Польща, Португалія, Словенія, Туреччина, Швеція, Бельгія та ін.) з метою виявлення будівель (територій) з високими активностями радону, що потребують заходів втручання [23-27].

З метою визначення поточного стану радонових програм або планів дій в різних країнах та узагальнення інформації про національну політику та стратегії щодо радону станом на 2014 рік МАГАТЕ запровадило проект технічного співробітництва в європейському регіоні. Для цього було проведено анкетне опитування, в якому надавались відповіді на питання про нормативно-правову базу, встановлення референтних рівнів, методи вимірювання та результати місцевих і національних обстежень радону в житлі, картування територій, здійснення превентивних та реабілітаційних заходів, а також інформування громадськості, міжвідомчу взаємодію [28].

Анкету заповнили представники 28 держав Східної Європи та ін. (серед яких Чеська Республіка, Словаччина, Болгарія, країни Балтії, Білорусь, Україна, Туреччина, Таджикистан та ін.).

За результатами опитування було встановлено, що діяльність, пов'язана з радоном, існує майже у всіх державах. Однак багато з цих заходів стосуються лише вимірювання рівнів радону в приміщенні, у ґрунті чи воді з науковою метою. Лише у 12 державах, що взяли участь у опитуванні, запроваджено плани дій щодо радону або радонові програми. Орієнтовні референтні рівні або обмеження концентрації радону в приміщенні для існуючих та нових помешкань встановлені в 21 державі. Концепцію радононебезпечних територій застосовують 7 держав, лише 4 з них використовують цю концепцію для підтримки запитів громадських вимірювань, інформування громадськості, або для розробки запобіжних заходів для нових будівель. Лише в 11 державах створені Національні бази даних щодо радону. Бази даних використовуються в основному для розробки національних радонових карт в рамках виконання планів дій [28].

Наприклад, у Чехії План дій, запроваджений на 2010-2019 рр., є подальшим розвитком програми "Радон", яка існувала впродовж 2000-2009 рр. Метою Плану дій є сприяння, завдяки добре продуманим та скоординованим заходам, зниженню кількості смертей від раку легенів, обумовлених дією радону та його дочірніх продуктів розпаду.

План дій включає наступні розділи:

- стратегія обізнаності;
- стратегія запобігання дії радону;
- стратегія регулювання існуючого впливу;
- експертна науково-технічна підтримка виконання завдань Плану дій.

Для виконання завдань Плану дій передбачено здійснення наступних кроків.

1. Підвищити обізнаність населення про ризик для здоров'я від радону та можливості профілактики, а також методи зниження ризиків від опромінення цим джерелом. Підтримувати зацікавленість населення у зниженні рівнів радону у будівлях.

2. Існуючу правову базу оновлювати по мірі необхідності. Експертна внутрішньовідомча координація постійного і ефективного контролю за дією природних джерел на населення.

3. Організувати підтримувану державою відповідну систему вимірювань.

4. Розробити систему вибору радононебезпечних зон, на які необхідно звернути особливу увагу.

У Болгарії була запроваджена програма щодо зниження дії радону в приміщенні у період 2013-2017 рр. Прийнято стратегію зменшення ризику опромінення на 2018-2027 рр. Національний план дій щодо зменшення ризику впливу радону запроваджений на 2018-2022 рр. [29,30].

План дій включає:

- створення системи радіаційного захисту від радону в приміщеннях на законодавчому, адміністративному та соціальному рівні;
- вимірювання рівнів радону в приміщеннях на національному рівні та створення радонових карт території країни;
- створення системи управління для нових та існуючих будівель;
- підвищення обізнаності громадськості;
- врахування дії радону як обов'язкового параметра для оцінки професійного ризику.

У Словаччині перший план дій з управління ризиками від радону був запроваджений на період 1991-2005 роки. Були розроблені методи моніторингу радону, діагностики будівель, а також програма реалізації коригувальних дій. На жаль, з 2005 року через брак фінансів радонова програма триває в дуже обмеженому обсязі без національної координації [28].

Висновок

Аналіз досвіду запровадження різними державами національних планів дій або програм щодо радону, в яких відображені сучасні погляди на методологію регулювання захисту населення від цього джерела, дає можливість організувати в національному масштабі довготривалу діяльність щодо зниження радонової небезпеки населення з урахуванням поточних економічних, соціальних та інших обставин у тих країнах, де такі плани дій відсутні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Journal of Medicine*. 2005. Vol. 330. 223 p.
2. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*. 2005. Vol. 16 (2). P. 137-145.
3. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D. Jr. et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *International Journal of Cancer*. 2004. Vol. 109. P. 132-137.
4. WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective / ed. by H. Zeeb and F. Shannon. WHO, 2009. 94 p.
5. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. *Annals of the ICRP*. 2010. Vol. 40 (1). 64 p.
6. Sources, effects and risks of ionizing radiation : Report to the General Assembly, with scientific annexes / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2017). New York : UN, 2018. 184 p.
7. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources : International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 3 (Interim). Vienna : IAEA, 2011. 303 p.
8. Basic Safety Standards (2013). 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. Vol. 57. L13. 73 p.
9. ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure. *Annals of the ICRP*. 2014. Vol. 43 (3). 73 p.
 10. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation: IAEA Specific Safety Guide No. SSG-32. Vienna : IAEA, 2015. 90 p.
 11. US EPA. Protecting People and Families from Radon: A Federal Action Plan for Saving Lives, 2011. EPA 402/R-11/009. URL : https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/Federal_Radon_Action_Plan.pdf.
 12. Hahn E.J., Gokun Y., Andrews W.M. Jr. et al. Radon potential, geologic formations, and lung cancer risk. 2015. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26844090> (дата звернення : 13.06.2019).
 13. Federal Radon Action Plan (FRAP). URL : <https://www.epa.gov/radon/federal-radon-action-plan-frap> (дата звернення : 13.06.2019).
 14. Thompson P.A., Whyte J., Bush K. Canadian Radon Strategy and Action Plan (2008-2014). URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEWji0ozwjoXmAhX4AhAIHVnsAckQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.french-nuclear-safety.fr%2FMedia%2FFiles%2F00-Radon-workshop%2FCanadian-Nuclear-Safety-Commission-Canadian-Radon-Strategy-and-Action-Plan%3F&usg=AOvVaw0BsgEMGRliyq4BnugHjFtg> (дата звернення : 03.06.2019).
 15. Action Plan to Identify and Remedy Irish Houses with Radon Concentrations above the National Reference Level, 2006. URL : https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_Rad_Action_Plan_06.pdf (дата звернення : 03.06.2019).
 16. The French National Action Plan 2011-2015 for the management of radon-related risks. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEWii_5aZkoXmAhWPxosKHQvUA3kQFjAJegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.french-nuclear-safety.fr%2FMedia%2FFiles%2F00-Radon-workshop%2FFrench-Nuclear-Safety-Authority-Radon-national-action-plan-in-France%3F&usg=AOvVaw3Q9w6EFk60L8WKFfVZ8WHR (дата звернення : 26.06.2019).
 17. National Action Plan Concerning Radon, 2012-2020. URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiWirHZsdrAhWkk4sKHRpOAqIQFjAFegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bag.admin.ch%2Fdam%2Fbag%2Fen%2Fdokumente%2Fstr%2Fsrr%2Fradonaktionsplan-2012-2020.pdf.download.pdf%2Fradon-action-plan-2012-2020.pdf&usg=AOvVaw183HXXOVgnebdRVbxl3xQi> (дата звернення : 25.07.2019).
 18. Radon National Action Plan: Report of an International Workshop, 2015. URL : <https://www.dsa.no/publication/straalevernrapport-2015-5-radon-national-action-plan.pdf> (дата звернення : 18.07.2019).
 19. UK National Radon Action Plan. URL : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/766090/UK_National_Radon_Action_Plan.pdf (дата звернення : 18.07.2019).
 20. Voutilainen A., Mäkeläinen I. Indoor Radon Mapping in Finland. *Radon in the Living Environment* 1(9-23 April 1999, Athens, Greece). 1999. P. 513-524. URL : http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CRadon1999%5C058.pdf (дата звернення : 12.08.2019).
 21. Bochicchio F., Hulka J., Ringer W. et al. National radon programmes and policies: the RADPAR recommendations. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24748489> (дата звернення : 12.08.2019).
 22. Radon action plan for the sustainable reduction of radon exposure. URL : https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/radonmassnahmenplan_en_bf.pdf (дата звернення : 14.08.2019).

23. ERRICCA 2. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. European Commission Contract No: FIRI-CT-2001-20142: An Evaluation of Radon, Reference Levels and Radon, Measurement Techniques and Protocols in European Countries / ed. by Synnott H., Fenton D. RPII. 2005. 32 p.
24. ERRICCA 2. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. European Commission Contract №: FIRI-CT-2001-20142: An Evaluation of Radon Mapping Techniques in Europe / ed. by Synnott H., Fenton D. RPII. 2005. 27 p.
25. Karadeniz Ö., Akal C. Radiological mapping in the granodiorite area of Bergama (Pergamon)-Kozak, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2014. Vol. 302, Is. 1. P. 361-373.
26. Axelsson G., Andersson E.M., Barregard L. Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered? *Cancer Causes Control*. 2015. Vol. 26(4). P. 541-547.
27. Cinelli G., Tondeur F., Dehandschutter B. Development of an indoor radon risk map of the Walloon region of Belgium, integrating geological information. *Environmental Earth Sciences*. 2011. Vol. 62(4). P. 809-819.
28. IAEA-TECDOC-1810. Status of Radon Related Activities in Member States Participating in Technical Cooperation Projects in Europe : Technical Report. *IAEA TECDOC Series*. Vienna : IAEA, 2017. 184 p.
29. National Radon Action Plan. URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiU0K2d3-TIAhVSIIsKHXVo-BY8QFjAMegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.kiip.bg%2Fdocuments%2Fmessages%2F0477e7e-b75e-7eee-4be9-8cc2c3c59cb9.pptx&usg=AOvVaw3DP5Sr35OjcBk2R68xP6h1> (дата звернення : 15.08.2019).
30. Национален план за действие за намаляване риска от облъчване от радон 2018-2022 гг. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwinudKERyXmAhVFxIsKHW6FDhUQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.strategy.bg%2FFileHandler.ashx%3FfileId%3D17628&usg=AOvVaw3q9KfpSye_BFj7_eScESrn (дата звернення : 15.08.2019).

REFERENCES

1. Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. *British Journal of Medicine*. 2005 ; 330 : 223.
2. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. et al. *Epidemiology*. 2005 ; 16 (2) : 137-145.
3. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D. Jr. et al. *International Journal of Cancer*. 2004 ; 109 : 132-137.
4. Zeeb H. and Shannoun F. (eds.). WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective. WHO; 2009 : 94 p.
5. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. *Annals of the ICRP*. 2010 ; 40 (1) : 64 p.
6. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation : Report to the General Assembly, with Scientific Annexes / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2017). New York : UN; 2018 : 184 p.
7. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources : International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 3 (Interim). Vienna : IAEA; 2011 : 303 p.
8. Basic Safety Standards (2013). 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.
9. ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure. *Annals of the ICRP*. 2014 ; 43 (3) : 73 p.

10. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation: IAEA Specific Safety Guide No. SSG-32. Vienna : IAEA; 2015 : 90 p.
11. US EPA. Protecting People and Families from Radon: A Federal Action Plan for Saving Lives, 2011. EPA 402/R-11/009. URL : https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/Federal_Radon_Action_Plan.pdf.
12. Hahn E.J., Gokun Y., Andrews W.M. Jr. et al. Radon Potential, Geologic Formations, and Lung Cancer Risk. 2015. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26844090> (Date of Access : 13.06.2019).
13. Federal Radon Action Plan (FRAP). URL : <https://www.epa.gov/radon/federal-radon-action-plan-frap> (Date of Access : 13.06.2019).
14. Thompson P.A., Whyte J., Bush K. Canadian Radon Strategy and Action Plan (2008-2014). URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwji0ozwjoXmA4AhAIHVnsAckQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.french-nuclear-safety.fr%2FMedia%2FFiles%2F00-Radon-workshop%2FCanadian-Nuclear-Safety-Commission-Canadian-Radon-Strategy-and-Action-Plan%3F&usg=AOvVaw0BsgEMGRliyq4BnugHjFtg> (Date of Access : 03.06.2019).
15. Action Plan to Identify and Remedy Irish Houses with Radon Concentrations above the National Reference Level, 2006. URL : https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_Rad_Action_Plan_06.pdf (Date of Access : 03.06.2019).
16. The French National Action Plan 2011-2015 for the management of radon-related risks. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwii_5aZkoXmA4WPxosKHQvUA3kQFjAJegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.french-nuclear-safety.fr%2FMedia%2FFiles%2F00-Radon-workshop%2FFrench-Nuclear-Safety-Authority-Radon-national-action-plan-in-France%3F&usg=AOvVaw3Q9w6EFk60L8WKFfVZ8WHR (Date of Access : 26.06.2019).
17. National Action Plan Concerning Radon, 2012-2020. URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiWirHZsdrAhWkk4sKHRpOAqIQFjAFegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bag.admin.ch%2Fdam%2Fbag%2Fen%2Fdokumente%2Fstr%2Fsrr%2Fradonaktionsplan-2012-2020.pdf.download.pdf%2Fradon-action-plan-2012-2020.pdf&usg=AOvVaw183HXXOVgnebdRVbxl3xQi> (Date of Access : 25.07.2019).
18. Radon National Action Plan: Report of an International Workshop, 2015. URL : <https://www.dsa.no/publication/straalevernrapport-2015-5-radon-national-action-plan.pdf> (Date of Access : 18.07.2019).
19. UK National Radon Action Plan. URL : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/766090/UK_National_Radon_Action_Plan.pdf (Date of Access : 18.07.2019).
20. Voutilainen A. and Mäkeläinen I. Indoor Radon Mapping in Finland. In : *Radon in the Living Environment* (9-23 April 1999, Athens, Greece). 1999. P. 513-524. URL : http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5CRadon1999%5C058.pdf (Date of Access : 12.08.2019).
21. Bochicchio F., Hulka J., Ringer W. et al. National radon programmes and policies: the RADPAR recommendations. URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24748489> (Date of Access : 12.08.2019).
22. Radon action plan for the sustainable reduction of radon exposure. URL : https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/radonmassnahmenplan_en_bf.pdf (Date of Access : 14.08.2019).
23. Synnott H. and Fenton D. (eds.). ERRICCA 2. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. European Commission Contract No: FIRI-CT-2001-20142: An Evaluation of Radon, Reference Levels and Radon, Measurement Techniques and Protocols in European Countries. RPII. 2005: 32 p.

24. Synnott H., Fenton D. (eds.). ERRICCA 2. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. European Commission Contract №: FIRI-CT-2001-20142: An Evaluation of Radon Mapping Techniques in Europe. RPII. 2005 : 27 p.
25. Karadeniz Ö. and Akal C. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2014 ; 302 (1) : 361-373.
26. Axelsson G., Andersson E.M. and Barregard L. *Cancer Causes Control*. 2015 ; 26(4) : 541-547.
27. Cinelli G., Tondeur F. and Dehandschutter B. *Environmental Earth Sciences*. 2011 ; 62(4) : 809-819.
28. IAEA-TECDOC-1810. Status of Radon Related Activities in Member States Participating in Technical Cooperation Projects in Europe : Technical Report. *IAEA TECDOC Series*. Vienna : IAEA; 2017 : 184 p.
29. National Radon Action Plan. URL : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiUOK2d3-TIAhVSIIsKHxVoBY8QFjAMegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.kiip.bg%2Fdocuments%2Fmessages%2F0477e7e-b75e-7eee-4be9-8cc2c3c59cb9.pptx&usg=AOvVaw3DP5Sr35OjcBk2R68xP6h1> (Date of Access : 15.08.2019).
30. Natsionalen plan za deystvie za namalyavane riska ot oblachvane ot radon 2018 [National Action Plan to Reduce the Risk of Radon Exposure]. URL : https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwinudKErYXmAhVFxIsKHW6FDhUQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.strategy.bg%2FFileHandler.ashx%3FfileId%3D17628&usg=AOvVaw3q9KfpSye_BFj7_eScESrn (Date of Access : 15.08.2019).