



РОЗДІЛ 8

ЗАСОБИ І МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ РАДОНУ

Засоби і методи контролю об'ємної активності (ОА) радону та середньорічної еквівалентної рівноважної об'ємної активності (ЕРОА) радону в повітрі приміщень класифікуються за вимірюваною величиною, за методом реєстрації, за методом відбору проб повітря і за характером отримуваної інформації [1].

За *вимірюваною величиною* засоби контролю радонової атмосфери приміщень поділяються на засоби вимірів ОА радону в повітрі, які називають «радіометрами радону», і засоби вимірів ЕРОА ізотопів радону в повітрі, які називають «радіометрами аерозолів ДПР радону і торону».

За *методом реєстрації* засоби вимірів ОА радону в повітрі поділяються на іонізаційні, сцинтиляційні, напівпровідникові, адсорбційні, електретні і трекові радіометри радону.

Засоби вимірів ОА радону в повітрі, засновані на іонізаційному і сцинтиляційному методах реєстрації альфа-випромінювання радону і ДПР, нині практично не застосовуються.

Електретні радіометри радону через їх велику вартість та невисоку стабільність метрологічних характеристик в нашій країні та у більшості зарубіжних країн широкого поширення не отримали.

Практично дія усіх сучасних засобів вимірів ОА радону в повітрі заснована на використанні напівпровідникових і трекових детекторів (плівкові і твердотілі детектори) для реєстрації випромінювання радону і ДПР.

Окремо в цьому ряді стоять засоби вимірів, в яких у процесі відбору проб або експонування вимірювальних камер в контрольованому повітрі радон накопичується в об'ємі адсорбенту з наступною реєстрацією гамма- або бета- випромінювання

короткоживучих ДПР радіометричним або спектрометричним методами.

За методом відбору проб повітря засоби вимірів ОА радону діляться на активні і пасивні. У активних засобах вимірів повітря прокачується через вимірювальну камеру для вирівнювання ОА радону в об'ємі камери і контрольованому повітрі (радіометри радону) або прокачується постійно з певною прокачкою повітря через вимірювальну камеру (монітори радону).

Пасивні засоби вимірів ОА радону встановлюються в контрольованому повітрі на певний час, впродовж якого відбувається або накопичення радону в об'ємі адсорбенту (адсорбційний метод вимірів) або постійне вирівнювання ОА радону у вимірювальній камері радіометра і контрольованому повітрі, які розділені зазвичай дифузійною мембраною камери радіометра.

За характером отримуваної інформації, що визначається тривалістю відбору проб або експонуванням приладів в контрольованому повітрі, засоби вимірів ОА радону поділяються на експресні (або миттєві), квазіінтегральні та інтегральні.

Експресними (або миттєвими) прийнято вважати виміри, які зазвичай реалізовані на основі активного методу відбору проб повітря за проміжок часу від декількох хвилин до декількох годин.

Експресні виміри проводяться із застосуванням як радіометрів радону (визначення ОА радону в повітрі), так і радіометрів аерозолів ДПР радону і торону (визначення ЕРОА ізотопів радону в повітрі і ОА окремих короткоживучих дочірніх продуктів радону і торону).

Квазіінтегральними прийнято вважати виміри з тривалістю відбору проб або експонуванням засобів вимірів в контрольованому повітрі понад 1 добу до 3-4 діб (рідше – до 6 діб). На практиці технологія квазіінтегральних вимірів реалізована в основному адсорбційним методом з використанням в якості адсорбенту активованого вугілля.

Інтегральними прийнято вважати виміри з тривалістю відбору проб або експонування засобів вимірів понад 1 місяць. Нині практично усі інтегральні виміри ОА радону в повітрі виконуються з використанням плівкових трекових детекторів [2].

За методом реєстрації, методом відбору проб повітря і характером отримуваної інформації радіометри аерозолів ДПР радону і торону менш різноманітні і представлені на ринку засобів вимірів в основному радіометрами аерозолів з активним прокачуванням проб повітря через аерозольний фільтр і наступною реєстрацією альфа-випромінювання аерозолів напівпровідниковими детекторами.

За характером отримуваної інформації радіометри аерозолів відносяться до експресних засобів вимірів.

Є одиничні екземпляри радіометрів аерозолів – аерозольна приставка типу Alpha PM до радон-монітору AlphaGUARD PQ – 2000 і його модифікації, які дозволяють забезпечувати практично необмежений за часом моніторинг ЕРОА ізотопів радону в повітрі.

У ряді засобів вимірів ОА радону в повітрі окреме місце займають так звані монітори радону, або радон-монітори.

Радон-монітори за характером отримуваної інформації одночасно можуть відноситися до засобів вимірів експресного, квазіінтегрального і інтегрального типу.

Контроль ОА радону в повітрі із застосуванням радон-моніторів заснований на постійних вимірах ОА радону впродовж послідовних проміжків часу, результати яких сходяться в єдиний часовий ряд.

Радон-монітор забезпечує можливість отримання результатів вимірів ОА радону за певний проміжок часу, який обирається оператором залежно від завдань, що вирішуються. Природно, що радон-монітор дозволяє простежити будь-які виміри ОА радону в повітрі впродовж усього часу моніторингу контрольованої атмосфери.

8.1. Експресні засоби і методи вимірів ОА радону в повітрі

Експресними (або миттєвими) прийнято вважати виміри, які зазвичай реалізовані на основі активного методу відбору проб повітря за проміжок часу від декількох хвилин до декількох годин. Експресні виміри ОА радону проводяться із застосуванням радіометрів радону.

У деяких типах радіометрів аерозолів реалізовано визначення ОА окремих короткоживучих дочірніх продуктів радону, що, з деякими

обмовками, дозволяє оцінити ОА радону в повітрі за об'ємною активністю ^{218}Po .

У наш час найширше поширено два типи радіометрів для експресних вимірів ОА радону в повітрі: радіометр РРА ряду модифікацій і радіометри, засновані на осадженні радону з повітря на адсорбентах, в основному активованому вугіллі різних марок.

Принцип дії і процедура вимірів ОА радону радіометрами типу РРА виключно прості, з чим ще, окрім вартісних характеристик, можливо, і пов'язана їх популярність.

Технологія експрес-вимірів ОА радону в повітрі з використанням вугільних адсорбентів дещо складніша і вимагає визначення об'єму повітря, яке прокачується через сорбент.

Вимір ОА радону в повітрі цим методом включає відбір проб повітря (прокачування певного об'єму повітря через сорбент у вимірювальній камері) з наступною реєстрацією гамма-випромінювання ДПР з використанням радіометра або гамма-спектрометра.

Широке поширення отримала модифікація цього методу, в якій реєструється бета- випромінювання ДПР. В цьому випадку перед установкою у блок реєстрації сорбент насипається в спеціальну чашку для забезпечення стандартних умов вимірів.

Перевага цієї модифікації методу, реалізованої в апаратурному комплексі «Камера», полягає в невеликій масі комплексу, що дозволяє використовувати його в польових умовах для вимірів ОА радону в повітрі приміщень.

Нижня межа діапазону вимірів ОА радону в повітрі із застосуванням експресних засобів вимірів зазвичай складає 20 Бк/м^3 або трохи вище, що дозволяє їх застосовувати для вимірів ОА радону практично для усіх типів об'єктів.

Верхня межа діапазону вимірів ОА радону радіометрами типу РРА складає 20 кБк/м^3 , що також досить для контролю радонової атмосфери житлових, громадських і виробничих будівель.

Верхня межа діапазону вимірів ОА радону для радіометрів з примусовим прокачуванням повітря і осадженням радону у вимірювальних камерах з адсорбентом приблизно така ж.

Проте при необхідності діапазон вимірів цих засобів вимірів може бути розширений в обидві сторони за рахунок зміни об'єму прокачування аналізованого повітря.

Збільшенням об'єму відібраної проби повітря досягається розширення діапазону вимірів у бік нижчих значень ОА радону, а зменшенням об'єму проби повітря забезпечується розширення діапазону вимірів у бік вищих значень ОА радону в повітрі, ніж за стандартними умовами вимірів.

Відносна похибка вимірів ОА радону в повітрі із застосуванням сучасних засобів експрес-аналізу складає близько 30%, що цілком достатньо для виконання вимірів відповідно до їх призначення.

Результати експресних вимірів ОА радону в повітрі можуть служити основою для оцінки ступеню актуальності проблеми в обстежених будівлях, а також при виборі об'єктів контролю для визначення середньорічних значень показника відповідними адекватними методами.

За певних умов результати експрес-вимірів ОА радону в повітрі можуть бути використані при оцінці відповідності будівлі після закінчення її будівництва (реконструкції або капітального ремонту) встановленим нормативам за вмістом радону в повітрі [3].

8.2. Квазіінтегральні засоби і методи вимірів ОА радону

Квазіінтегральними прийнято вважати виміри з тривалістю відбору проб або експонування засобів вимірів в контрольованому повітрі понад 1 добу до 3-4 діб (рідше – до 6 діб).

На практиці технологія квазіінтегральних вимірів реалізована в основному адсорбційним методом з використанням в якості адсорбенту активованого вугілля різних марок, яким заповнюється циліндрична камера з отворами.

Для реєстрації гамма- випромінювання короткоживучих ДПР радону застосовуються радіометри або спектрометри.

Відома модифікація квазіінтегрального методу, в якому накопичену в адсорбенті активність визначають за бета- випромінюванням ДПР. Особливостями цього методу є необхідність перед виміром активності радону насипати адсорбент в спеціальну вимірювальну чашку і відсутність необхідності в спеціальному свинцевому захисті детекторів.

Відсутність захисту детектора дозволяє проводити виміри квазіінтегральної ОА радону в польових умовах.

У всьому іншому обидві модифікації квазіінтегрального методу вимірів ОА радону в повітрі ідентичні і досить широко використовуються на практиці.

Нижня межа діапазону вимірів ОА радону в повітрі із застосуванням квазіінтегральних засобів вимірів зазвичай складає 20-30 Бк/м³ при термінах експонування вимірювальних камер не менше 3 діб, що дозволяє їх застосовувати для вимірів ОА радону практично в усіх типах об'єктів.

Верхня межа діапазону вимірів ОА радону квазіінтегральними засобами складає близько 20 кБк/м³, що також досить для контролю радону в повітрі житлових, громадських і виробничих будівель.

Як і для радіометрів радону експресного типу, при необхідності діапазон вимірів квазіінтегральних засобів вимірів може бути розширений в обидві сторони за рахунок зміни часу експонування вимірювальних камер в контрольованому середовищі.

Відносна похибка вимірів ОА радону в повітрі із застосуванням сучасних засобів квазіінтегральних засобів вимірів складає близько 30%, що цілком достатньо для виконання вимірів відповідно до їх призначення.

Квазіінтегральний метод до певної міри поєднує в собі переваги експресних і інтегральних методів.

Найбільш перспективне застосування квазіінтегрального методу вимірів ОА радону в повітрі для оцінки відповідності гігієнічним нормативам будівель і споруд, що здаються в експлуатацію після закінчення будівництва, капітального ремонту і реконструкції, а також для первинного оцінювання ОА радону в повітрі будівель, що вже

експлуатуються, з наступним визначенням середньорічних значень показника тощо.

Застосування квазіінтегрального методу вимірів ОА радону в повітрі для визначення середньорічних значень показника вимагає значної кількості повторних вимірів в одних і тих же будівлях у різні сезони року.

8.3. Інтегральні засоби і методи вимірів ОА радону в повітрі

Інтегральними прийнято вважати виміри з тривалістю відбору проб або експонування засобів вимірів понад один місяць.

Зараз практично усі інтегральні виміри ОА радону в повітрі виконуються з використанням плівкового трекового детектора типу Kodak LR-115 Type II завтовшки близько 12 мкм.

У деяких країнах інтегральні виміри виконуються із застосуванням твердотілих детекторів типу CR-39, що вимагають складнішої технології обробки і інтерпретації вимірювальної інформації [2].

Основні переваги інтегрального трекового методу визначення ОА радону в повітрі полягають в наступному. По-перше, трековий метод є єдиним, який дозволяє проводити одночасно виміри у великій кількості об'єктів контролю з такою тривалістю, яка дає найкращу оцінку середньорічного значення ОА радону в повітрі. По-друге, в технології трекової радіометрії можна варіювати тривалість експонування вимірювальних камер залежно від рівня ОА радону в повітрі, що дуже важливо при класичних варіантах вибіркового обстеження будівель.

Крім того, трековий метод дозволяє згладжувати вплив різних чинників, у тому числі добових і навіть сезонних змін ОА радону в повітрі приміщень, на результат вимірів, який виходить, як «середнє за час вимірів значення ОА радону в повітрі». І нарешті, трековий метод є єдиним, який дозволяє проводити масові виміри без відвідування об'єктів контролю, оскільки невеликі габарити (зазвичай в декілька сантиметрів) і маса (десятки грамів) допускають відправку і отримання вимірювальних камер поштою.

Відносна похибка вимірів ОА радону в повітрі трековим методом складає близько 30%. Проте, такий досить хороший рівень якості вимірів забезпечується тільки при суворому дотриманні усіх умов вимірів.

Основне застосування метод інтегральної трекової радіометрії радону знаходить при визначенні середньорічних значень ОА радону в повітрі приміщень. Найкращим наближенням до середньорічної ОА радону в повітрі приміщень вважається середнє значення за результатами двох вимірів тривалістю не менше трьох місяців, виконаних в теплий і холодний періоди року.

Основними недоліками трекової радіометрії радону є складність самої технології вимірів, велика вартість устаткування, неминучі втрати вимірювальних камер в процесі тривалих вимірів.

У числі недоліків трекової радіометрії радону є ще один, який проявляється, насправді, рідко. Це так званий фединг трекового детектора, що характеризує його здатність з часом «забувати інформацію», яка на ньому записана.

Проявляється фединг трекового детектора в тому, що при тривалій експозиції окремі треки поступово зникають, тому в наступному при прочитуванні треків вони не враховуються.

Величина федингу трекового детектора типу Kodak LR-115 Type II невелика, проте при термінах експонування до шести місяців вона може привести до зниження вимірів значень ОА радону в повітрі приблизно на 15-20%. Тому оптимальним терміном експонування вимірювальних камер слід вважати 3-4 місяці.

8.4. Радон-монітори для вимірів ОА і ЕРОА радону в повітрі

У практиці вимірів ОА радону в повітрі в основному з дослідницькою метою застосовуються монітори радону або радон-монітори.

За характером отримуваної інформації радон-монітори одночасно можуть відноситися до засобів вимірів експресного, квазіінтегрального і інтегрального типів.

Радон-монітори можуть бути засновані на пасивному і активному методах відбору проб повітря.

У разі моніторів з пасивним відбором проб повітря вимірювальна камера має вікно, в якому встановлюється мембрана, через яку радон дифундує з повітря у вимірювальну камеру.

Такі монітори зазвичай дозволяють отримувати результати вимірів ОА радону в повітрі з деяким запізненням, яке визначається дифузійними властивостями мембрани і рухливістю повітря в приміщенні.

У моніторах з активним методом відбору проб повітря просто прокачується (безперервно або певний час в кожному циклі вимірів) через вимірювальну камеру.

Як правило, в сучасних радон-моніторах для вимірів ОА і ЕРОА радону використовується іонізаційний метод реєстрації або застосовується метод альфа-спектрометрії з використанням напівпровідникових детекторів.

Відносна похибка вимірів ОА радону в повітрі радон-моніторів складає не менше 20-30%, для окремих типів таких моніторів з виключно стабільними метеорологічними характеристиками похибка вимірів може складати близько 10%.

Основна сфера застосування радон-моніторів – наукові дослідження процесів формування радонової атмосфери приміщень, вивчення впливу різних чинників на баланс радону в повітрі приміщень різного типу, визначення емануючої здатності різних виробів і матеріалів і коефіцієнта дифузії радону в різних середовищах [4, 5].

Найбільш відомий серед усіх типів вітчизняних і зарубіжних зразків радон-моніторів – AlphaGUARD PQ – 2000 PRO.

8.5. Засоби і методи виміру ОА аерозолів ДПР радону і торону в повітрі

ОА аерозолів короткоживучих ДПР радону і торону в повітрі визначається експресними (миттєвими) методами вимірів.

На практиці найбільше поширення через свою простоту отримали радіометричні методи визначення ОА аерозолів радону і торону в повітрі з використанням радіометрів аерозолів.

У основу цих методів визначення аерозолів ДПР радону і торону покладений принцип тимчасової дискримінації α -випромінювання аерозолів дочірніх продуктів ^{222}Rn і ^{220}Rn , що мають різні значення періоду напіврозпаду.

Радіометричні методи визначення ОА аерозолів ДПР радону і торону в повітрі залежно від кількості циклів реєстрації α -випромінювання аерозолів, що осіли на фільтр, можна розділити на наступні групи:

- одноточкові методи (оригінальний метод Кузнеця та ін.), в яких α -випромінювання аерозолів на фільтрі реєструється тільки один раз;
- двоточкові методи (метод Маркова, модифікований метод Кузнеця-Терентьева та ін.), в яких α -випромінювання аерозолів, що осіли на фільтр, реєструється двічі;
- триточкові методи (методи Томаса і Доманського, модифікований метод Маркова-Терентьева та ін.), в яких α -випромінювання аерозолів на фільтрі реєструється тричі;
- чотирьохточкові і п'ятиточкові методи (різні модифікації методу Томаса), в яких α -випромінювання аерозолів реєструється чотири або п'ять разів.

На даний час ці методи вимірів ОА аерозолів ДПР радону і торону в повітрі приміщень практично не застосовуються.

Вимір ОА аерозолів ДПР радону і торону в повітрі сучасними радіометрами засновано на застосуванні напівпровідникових детекторів із спектрометричним розподілом і реєстрацією α -випромінювання аерозолів.

Основними перевагами експресних методів і засобів вимірів ОА аерозолів ДПР радону і торону в повітрі є їх простота і можливість

виконання значної кількості послідовних вимірів. Крім того, ці методи є єдиними, які дозволяють оцінити ЕРОА торону в повітрі і, що особливо важливо, коефіцієнт рівноваги між радоном і його короткоживучими дочірніми продуктами розпаду в повітрі.

Проте на цьому переваги цих засобів і методів закінчуються, оскільки результати цих вимірів не дають навіть загального уявлення про середньорічне значення показника, вимагають обов'язкової присутності оператора тощо.

Література

1. Киселев С.М., Жуковский М.В., Стамат И.П., Ярмошенко И.В. Радон: От фундаментальных исследований к практике регулирования. / М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России», 2016. – 432 с.
2. Николаев В.А. Твердотельные трековые детекторы в радиационных измерениях / В. А. Николаев. – СПб.: Изд. Политехнического университета. – 2012.
3. Стамат И. П. Совершенствование нормативно-методических основ обеспечения радиационной безопасности населения при облучении природными источниками: разработка и обоснование гигиенических нормативов на отдельные источники природного облучения населения / И. П. Стамат, Т. А. Балабина, В. А. Венков [и др.] // Отчет заключительный по договору № 25-06/2009 от 15 апреля 2009 г. – СПб. – 2009.
4. Стамат И. П. Оценка вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения / И. П. Стамат, А. В. Световидов, Д. И. Стамат [и др.] // Радиационная гигиена. – 2009. Т. 2, № 4. – С.16-22.
5. Световидов А. В. Исследование радонозащитных характеристик облицовочных изделий и материалов / А. В. Световидов, И. П. Стамат, В. А. Венков // Радиационная гигиена. – 2014. Т. 7, № 3. – С. 19-25.





РОЗДІЛ 9

СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНОГО РАДОНУ НА НАСЕЛЕННЯ

Багаточисельними дослідженнями встановлено, що для існуючих будівель основними джерелами надходження радону в повітря приміщень є:

- 1) ґрунт під будівлею і навколо;
- 2) будівельні матеріали огорожуючих конструкцій;
- 3) побутова вода (не є істотним).

У всіх випадках джерелом радону є радій-226, який знаходиться як в ґрунті, так і в будівельних матеріалах, а точніше в гранітах, які є складовою частиною цих матеріалів.

Таким чином, основним завданням зниження вмісту радону в повітрі приміщень є з одного боку запобігання його попаданню в повітря приміщень, а з іншого боку, видалення радону з повітря приміщень,

1. Запобігання попаданню радону в повітря приміщень з ґрунту вирішується наступними шляхами:

– ізоляція підлоги від ґрунту, що досягається шляхом обладнання бетонного перекриття, при цьому бажано знизу обладнати теплоізоляцію з керамзиту. Якщо є підвал, герметизувати підлогу можна за допомогою руберойду, на який зверху насипається пісок, потім накривається ДСП а зверху підлоговим покриттям;

– герметизація стін досягається покриттям вінілових (водонепроникних) шпалер за допомогою спеціального клею на вініловій основі.

Крім того, слід провести ретельну герметизацію тріщин і щілин, особливо в місцях проходження комунікацій. Це досягається за

допомогою різних герметиків, наприклад, епоксидних мас, бетону та інших ущільнюючих матеріалів.

2. Видалення радону з повітря приміщень може бути досягнуто посиленням провітрювання приміщень. Особливо це важливо для дошкільних навчальних закладів.

Режим провітрювання в ДНЗ повинен чітко відповідати «Санітарному регламенту для дошкільних навчальних закладів» затвердженому Наказом Міністерства охорони здоров'я України 24 березня 2016 року № 234, (zareєстровано в Міністерстві юстиції України 14 квітня 2016 року за № 563/28693).

Відповідно до вимог Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів природна вентиляція приміщень повинна здійснюватись через вентиляційні канали.

За відсутності дітей приміщення дошкільних навчальних закладів повинні періодично провітрюватися. Ефективним є наскрізне або кутове провітрювання.

Тривалість провітрювання залежить від температури зовнішнього повітря, напрямку вітру та ефективності роботи опалювальної системи. Наскрізне провітрювання має проводитися кожні 1,5–2 години з тривалістю не менше 10 хвилин. У спальнях наскрізне провітрювання здійснюється до та після сну дітей.

У холодну пору року провітрювання повинно бути закінчене не пізніше ніж за 30 хвилин до приходу дітей із занять або з прогулянки і за 30 хвилин до сну.

Під час сну може бути забезпечено доступ свіжого повітря з одного боку приміщення, але за 30 хвилин до підйому дітей його припиняють.

Після короткочасних провітрювань допускається зниження температури повітря у групових осередках до +19 °С для дітей 4–5 років і до +18 °С для дітей старше 5 років.

У теплу пору року в приміщеннях із постійним перебуванням дітей повинен забезпечуватися широкий доступ свіжого повітря через однобічну аерацію приміщень у присутності дітей.

Денний і нічний сон має бути при відкритих вікнах, фрамугах, кватирках за відсутності протягів.

3. Найефективнішим, але фінансовоємним методом є обладнання системи вентиляції.

Збільшення повітрообміну удвічі, приблизно наполовину знижує кількість радону в повітрі. Зниження активності радону в повітрі в результаті обладнання припливно-витяжної вентиляції, наприклад, в Швеції показало ефективність від 50 до 70%.

Цей метод найбільш ефективний при надходженні радону з будівельних матеріалів. Йдеться про механічну систему витяжної або припливно-витяжної вентиляції різних конструкцій.

Для запобігання потоку радону з ґрунту рекомендується при закладанні фундаменту застосовувати алюмініюваний бітум, войлок та інші ізолятори [1], а також використовувати спеціально розроблені вентиляційні системи [2].

Основним критерієм при виборі земельних ділянок під будівництво повинен бути рівень видалення радону з ґрунту [3, 4]. При оцінці радононебезпеки територій будівництва повинні визначатися значення наступних параметрів: об'ємної активності ґрунтового радону на глибині 1 м і щільність потоку радону з поверхні ґрунту [5].

Докладно способи зниження вмісту радону в повітрі існуючих будівель викладено в «Радоновій книзі» [6].

Література

1. Здійснення контролю за дотриманням радіаційно-гігієнічних параметрів у будівництві. Методичні рекомендації МР 6.6.1.6.2-160-2007, Київ. 2009. 28 с.
2. Мироненкова Н. А. Обоснование рациональных схем вентиляции при эксплуатации железнодорожных тоннелей в радоноопасных районах России с суровым климатом: автор. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – С-Петербург. – 2008. – 20 с.
3. Сорока К. Ю. О необходимости радиационного обследования территорий, предназначенных для строительства / К. Ю. Сорока, Ю. Н. Сорока, А. И. Молчанов, М. Г. Бузинный // IV Междун. научно-практич. конф. Экологическая безопасность:

- проблемы и пути решения (8-12 сентября 2008 г.): сб. науч. трудов. – 2008. – Харьков. – С. 98-105.
4. Бобров А. А. Структура разломных зон земной коры по данным радоновой съемки (на примере западного Прибайкалья и южного Приангарья): дисс. на соиск. учен. степ. канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2010. – 128 с.
 5. Яковлева В. С. Методы определения объёмной активности изотопов радона и продуктов распада в воздухе: учебное пособие / В. С. Яковлева; Томский политехнический ун-т. – Томск: изд-во Томского политехнического ун-та, 2010. – 119 с.
 6. Клавенше Б., Окерблум Г. Радоновая книга. Меры борьбы с радоном в существующих зданиях. Стокгольм. 2007. 240 с.





РОЗДІЛ 10

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ РАДОНУ В УКРАЇНІ

Після аварії на Чорнобильській атомній електростанції 1986 року, в Україні ухвалені закони України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» та ін., затверджені «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» та «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України», які заклали основу для забезпечення протирадіаційної безпеки та протирадіаційного захисту населення в державі [1-5].

Проте, в Україні до нашого часу відсутня чітка сучасна державна стратегія забезпечення радіаційної безпеки населення, в тому числі, що направлена на зниження вмісту радону у будівлях та спорудах, хоча і деякі елементи цієї роботи проводяться. Так, наприклад, здійснюються дослідження з метою оцінки опромінення населення радоном в житлах [6-13], розробляються певні превентивні заходи при будівництві нових споруд, а також в існуючих будівлях, спрямовані на зниження концентрацій радону усередині приміщень [14-22].

На сьогодні вже виконано ряд робіт з розробки методологічної бази забезпечення системності й уніфікованості вимірювань та узагальнення перших результатів для України в цілому.

У ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України» створена методична і метрологічна база вимірів радону. На базі «радонової атмосфери», яка була атестована як робочий еталон, була розроблена і реалізована на практиці система гарантій якості вимірів радону. Ефективність даної системи була підтверджена процедурами звірення зі Шведським агентством радіаційної безпеки (м. Стокгольм) і Національним інститутом радіаційного захисту Японії (м. Чіба) [23].

Аналізуючи результати цих робіт, можна відзначити наступне. На основі ухвалених законів в країні створена нормативно-методична база регулювання, проте вона недостатньо опрацьована (відсутні керівництва, методичні вказівки, рекомендації тощо).

Так, не зважаючи на те, що розробляється комплекс превентивних заходів, спрямованих на зниження концентрації радону при будівництві нових будівель, система обов'язкового радіаційного контролю за вмістом радону в приміщеннях при введенні в експлуатацію нових будівель і споруд відсутня. Деклароване будівельниками проведення досліджень радону не завжди відповідає дійсності.

Коригувальні дії зі зниження рівня радону в приміщеннях не отримали належного поширення серед власників будинків. Низький рівень інформованості населення не сприяє розвитку мотивації у власників будинків, орендарів і покупців житла до вимірів рівня радону і проведення коригуючих дій. Відсутня загальнонаціональна база даних з найкращих практик застосування у будівельному бізнесі превентивних заходів і коригувальних дій. Це створює труднощі при оцінюванні реальної ефективності заходів, що проводяться, і визначення оптимальних напрямів їх вдосконалення. Немає достовірних даних про обізнаність з цією проблемою зацікавлених осіб (лікарів, будівельників, учасників ринку нерухомості та ін.). Відсутні офіційні кількісні оцінки радон-індукованого раку легень в країні (першочергово, в радононебезпечних районах). Слабо розвинений ринок «радонових послуг» (акредитовані послуги з радіаційних вимірів).

Усе це, зрештою, не сприяє розвитку культури радіаційної безпеки населення, спрямованої на чітке усвідомлення ризиків, пов'язаних з радоном, і необхідності виконання заходів спрямованих на їх зниження. Ці та інші проблеми ставлять на порядок денний питання про вдосконалення і розширення напрямів діяльності зі зниження радонової небезпеки.

Проте, як виявилось, необхідність вдосконалення програми робіт з реалізації радонової стратегії не обмежується тільки вирішенням цих проблем. Нові дані, накопичені за результатами епідеміологічних досліджень [24-31], привели до розуміння того, що не існує порогу

об'ємної активності (ОА), нижче за який радонове опромінення не представляє ніякої небезпеки. Змінилася також і філософія радіаційного захисту, яка була викладена МКРЗ в 2007 р. в Публікації 103. Ці обставини стали основою для розробки заходів (у світлі нових підходів), щодо захисту населення від опромінення цим радіоактивним газом. Вони викладені в керівництві Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо радону в приміщеннях [32], Публікації 126 МКРЗ [33] і керівництві МАГАТЕ (SSG 32) «Захист населення від опромінення радоном і іншими природними джерелами випромінювання в приміщеннях» [34].

Таким чином, можна констатувати, що прийняття нових рекомендацій ВООЗ, МКРЗ і МАГАТЕ, а також цілий ряд перерахованих раніше невирішених проблем є об'єктивними причинами вдосконалення радонової стратегії в Україні.

На підставі цього, пропонується комплекс заходів зі зниження опромінення радоном населення країни. Їх суть полягає у формуванні на основі міжвідомчої взаємодії чіткого і детального національного плану дій відповідно до рекомендованого МАГАТЕ алгоритму [35]. При розробці заходів використані пропозиції Киселева С.М. і співавт. [36].

Література

1. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання: Закон України від 14.01.1998 №15/98-ВР зі змінами.
2. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24.02.94 № 4004-ХІІ зі змінами.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98.– Київ, 1998.– 135с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000). Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення: Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.061.-2000. – Київ, 2000. – 84 с.
5. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України: Державні санітарні правила. 6.177-2005-09-02. – Київ, 2005. – 71 с.

6. T. Pavlenko, I. Los and N. Akcenov Exposure Doses due to Indoor Rn-222 in the Ukraine and Basic Directions for Their Decrease // Radiation Measurements.– 1997.– Vol. 28, N 1-6. – P. 733-738.
7. Павленко Т. А. Оценка доз облучения населения Запорожской области. / Т. А. Павленко, М. И. Костенецкий, Н. В. Аксенов // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2006. – 10 (1). – С. 103-106.
8. Аксенов Н. В. Система контроля содержания ^{222}Rn в воздухе помещений / Н. В. Аксенов, М. А. Фризюк // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей. II міжнар. наук.-практич. конф. Т. 1. –(Алушта, 11–15 вересня, 2006 р.). – Харків : Райдер, 2006. – С. 139-143.
9. Проблема радону-222 в Україні / І. П. Лось, Т. О. Павленко, М. В. Аксьонов, М. А. Фризюк // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (треті марзєєвські читання) : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (Київ, 24-25 травня 2007 р.). – К., 2007. – Вип. 7. – С. 31-32.
10. Павленко Т. Уровни радона в воздухе жилых зданий Украины // Довкілля та здоров'я. – № 2.–2007.– С. 22-25.
11. Костенецький М. І., Севальнев А. І., Куцак А. В. Вплив радону на опромінення населення Запорізької області. / Зб. ст. V Всеукраїнська НПК «Охорона навколишнього середовища промислових регінів як умова сталого розвитку України». Запоріжжя. – 2009. – С. 323-326.
12. Радон в дошкільних закладах Запорізької області та дози опромінення дітей / Т. О. Павленко, М. І. Костенецький, А. В. Куцак та ін. // Довкілля та здоров'я.– 2013.– №1 (64).– С. 49-53.
13. Уровни облучения дошкольников за счет радона в воздухе помещений / Т. А. Павленко, М. И. Костенецкий, А. В. Куцак [и др.]. – Гигиена и санитария. – 2015.– № 4 (94). – С. 18-21.
14. Павленко Т. О. Наукове обґрунтування системи радіаційного захисту населення України від радону: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.05 / Т. О. Павленко. – К., 1996. – 125 с.
15. Радіаційно-гігієнічний контроль у будівництві (навчальний посібник) / Мурашко В. О., Костенецький М. І., Грибіненко Г. Т. // Київ. – 2009. – 31 с.

16. Аксьонов М. В. Наукове обґрунтування вимог до системи гарантій якості радіаційного контролю радону у повітрі житлових приміщень : дис. ... канд. біол. наук: 14.02.01 / М. В. Аксьонов. – К., 2012. – 169 с.
17. Методи протирадонового захисту будівель (огляд) / Т. О. Павленко, М. В. Аксьонов, М. А. Фризюк, О. О. Герман // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. – К., 2012. – Вип. 60. – С. 218-222.
18. Фризюк М. А. Наукове обґрунтування оптимізації протирадонових заходів для громадських будівель (на прикладі дитячих навчальних закладів Кіровоградської області) : дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 / М. А. Фризюк. – К., 2013. – 168 с.
19. Герман О. А. Научное обоснование противорадоновых мероприятий для зданий, расположенных на радоноопасных территориях Украины : дис. ... кан. биол. наук : 14.02.01 / О. А. Герман. – К., 2016. – 160 с.
20. Куцак А. В. Радіаційно-гігієнічна оцінка доз опромінення населення Запорізької області та обґрунтування шляхів зменшення радіаційних ризиків для здоров'я населення: дис ... канд. мед. наук: 14.02.01 / А. В. Куцак.– Запоріжжя.– 2016.– 149 с.
21. Інформаційно-методичний лист «Заходи щодо зниження радону-222 в дошкільних навчальних закладах Запорізької області» за підписом Головного державного санітарного лікаря Запорізької області від 07.11.2012 № 11/3426.
22. Рішення сесії Запорізької обласної Ради № 42 від 28.03.2013 «Про доповнення до програми захисту населення Запорізької області від впливу іонізуючого випромінювання на 2011-2015 роки».
23. Аксенов Н. В. Гарантии качества измерений радона-222 в воздухе помещений / Н. В. Аксенов // Зб. наук. статей. Гігієна населених місць. К.: 2007. – Вип. 50. – С. 253-256.
24. Baysson H., Tirmarche M., Tumen G, et al. Indoor radon and lung cancer in France// *Epidemiology*. – 15(6): 709–716. – 2004.
25. 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. // *Br. Med. J.* – 330(7485): 223. – 2005.

26. Darby S., Hill D., Deo H. Et al. Residential radon and lung cancer – detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. // *Scand. J. Work Environ. Health.* – 32 (Suppl. 1): 1–84. – 2006.
27. Krewski D. Risk of lung cancer in North America associated with residential radon / D. Krewski, J. Lubin, J.M. Zielinski [et al.] // *Epidemiology.* – 16(2): 137–145. – 2005.
28. Krewski D.A. combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer / D. Krewski, J. H. Lubin, J. M. Zielinski [et al] // *J. Toxicol. Environ. Health Part A.* – 2006. Vol. 69 (7). – P. 533–598.
29. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice Jr. J.D. et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. // *Int. J. Cancer.* – 109(1): 132–137. – 2004.
30. Sources-to-Effects Assessment for Radon in Homes and Workplaces.// United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2006 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations, New York. – 2009.
31. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону. / Под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина / пер. Публикации 115 МКРЗ // ICRP. – Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России». – 2013.
32. Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective // World Health Organisation (WHO). – Geneva: WHO Press. – 2009.
33. Публикация 126 МКРЗ. Руководство по защите от облучения радоном / Под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева // Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России». – 2015.
34. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation, SSG 32 // IAEA. – Vienna. – 2014.
35. Алгоритм формирования национального плана действий МАГАТЭ, Проект IAEA // IAEA. – Vienna, 2015.

36. Киселев С.М., Жуковский М.В., Стагат И.П., Ярмошенко И.В. Радон: От фундаментальных исследований к практике регулирования. / Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России», 2016. – 432 с.

10.1. Організаційні заходи

Необхідність прийняття національного плану дій. Принципова пропозиція з вдосконалення радонової стратегії полягає у вирішенні питання на урядовому рівні щодо прийняття в нашій країні національного плану дій. Відповідальність уряду за опромінення населення радоном викладено в міжнародних основних нормах безпеки МАГАТЕ [1]. Особливість національного плану може полягати у пріоритетності зниження опромінення населення від дії радону, що здійснюється в єдиному пакеті заходів з радіаційного захисту від усіх природних джерел випромінювання.

Національний план дій зі зниження опромінення радоном населення України. Надаємо коротку схему структури радонової стратегії в Україні.

Структура радонової стратегії України



Після ухвалення рішення про розробку національного плану дій (НПД) наступним кроком має бути розробка основних напрямів і визначення національних органів, відповідальних за координацію робіт з виконання НПД і реалізацію національної радонової стратегії в цілому.

Формування національного плану дій. Як свідчить зарубіжний досвід, цей процес займає досить тривалий період і також регламентується урядовими рішеннями. Наприклад, для країн європейського союзу рішення про формування національних планів дій прийняте Директивою ЄС. Для його реалізації відведений 4-х річний перехідний період, що передбачає відповідну адаптацію країнами-членами ЄС національних законів, регулюючі і адміністративні документи [2].

У Швейцарії був визначений 2-х річний перехідний період (2012-2014 рр.) для формування нового законодавства у сфері захисту населення від радону [3].

На підставі досвіду зарубіжних країн вітчизняний національний план дій за своєю структурою повинен містити 3 етапи.

Перший етап – етап обґрунтування (приблизно 2-3 роки) повинен передбачати заходи з розробки і адаптації нормативно-правової бази і методичної документації до міжнародних рекомендацій, розробки переліку першочергових заходів, а також оцінку необхідних фінансових витрат державного і регіональних бюджетів. Приміром, в Норвегії при визначенні витрат на реалізацію НПД була обґрунтована економічна ефективність коригувальних дій, оцінена середня вартість загальних витрат на обстеження і коригувальні дії для дитячих установ і учбових закладів. Крім того, оцінена в 3 млн. норвезьких крон вартість запобігання виникнення раку легень при зменшенні чинного ліміту до $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ [4].

Другий етап – етап реалізації, (приблизно 5-7 років) повинен передбачати виконання захисних заходів, а також індикатори, що дозволяють періодично контролювати хід їх виконання. Приміром, в Швеції індикатором стало зниження концентрації радону нижче за рівень 200 Бк/м^3 в усіх житлах до 2020 р., а в школах і дитячих садах –

до 2010 р. [5]; у Швейцарії – зменшення за період 1994-2014 рр. опромінення населення радоном у 2 рази тощо [3].

Третій етап – перспектива – (10 років) повинен передбачати виконання перспективних заходів, націлених на досягнення стратегічної мети – зниження випадків радон-індукованого раку легень. В якості індикаторів мають бути вказані значення, встановлені на основі критерію: «запобігання певній кількості виникнення раку легень / зменшення опромінення до певного рівня (наприклад, до 100 Бк/м³)» у виявлених радононебезпечних територіях країни.

При визначенні національних органів, відповідальних за реалізацію національного плану дій і національної радонової стратегії представляє доцільним розглянути зарубіжний досвід.

За кордоном координація робіт з радонової проблеми покладалася на одне з міністерств або відомств (як наприклад, в Чехії або Норвегії [6, 4].) або на федеральний орган влади (як наприклад, в США і Канаді [7, 8].). Ці органи державної влади наділялися повноваженнями, які передбачали при виконанні національних планів дій здійснення міжвідомчої взаємодії на основі розподілу відповідальності між центром і регіонами. Ефективність взаємодії вважається ключовою ланкою для досягнення позитивних результатів і до теперішнього часу у ряді країн є предметом гострих дискусій при пошуку оптимальних рішень у реалізації радонової стратегії [4].

На основі аналізу зарубіжного досвіду, є необхідним зробити наступні пропозиції щодо визначення органів, відповідальних за реалізацію національної радонової стратегії і координацію національного плану дій в Україні.

Роль органу, відповідального за формування, координацію і контроль виконання національного плану дій в Україні може бути покладена на державний орган, відповідальний за проведення державної політики в області охорони громадського здоров'я (МОЗ України).

Доцільно розглянути питання про створення Урядової комісії з радону (чи природних джерел випромінювання), яка повинна буде виконувати функції координуючого і контролюючого органу з реалізації радонової стратегії держави. До її складу можуть бути

включені представники державних органів влади, відповідальних за реалізацію державної політики в області громадського здоров'я, радіаційного захисту, соціального забезпечення, охорони довкілля, будівництва і житлово-комунального господарства, науки і освіти, а також представники місцевого самоврядування.

Як показує зарубіжний досвід, до складу комісії доцільно включити представників громадських організацій, профспілок, які є зацікавленими сторонами у вирішенні радонової проблеми і ефективно інформуватимуть населення про результати роботи, що проводиться.

Література

1. Радиационная защита и безопасность источников излучения : Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности, часть 3, № GSR Part 3. МАГАТЕ. Вена. 2015. 518 с.
2. Council Directive 2013/59/Euratom, OJ L13 // Euratom. – 17.01.2014. p. 1–73.
3. National action plan concerning radon 2012-2020 // Swiss Federal Office of Public Health, Radiological Protection Division, 3003. – Bern. – URL: www.ch-radon.ch.
4. Strategy for the reduction of radon exposure in Norway // Norwegian Ministries, Norwegian Government Administration Services, Norwegian Government Administration Services. – URL: <http://radon.nrpa.no>. – 2010.
5. Skeppström K. Existing strategy and challenges for a national action plan for radon in Sweden // Swedish Radiation Safety Authority, URL: <http://www.ssi.se/> Oral presentation // ASN– NRPA Workshop, 2014 October 14. – Paris, France. – 2014.
6. Davidková K. National Radon Action Plan of the Czech Republic, 15 years of experiences, Oral presentation //ASN-NRPA Workshop, 2014 October 14. – Paris, France.
7. Long B. US Federal Radon Action Plan, Center for Radon and Air Toxics, Office of Air and Radiation // US EPA, HERCA Workshop, ASN Paris 30 September 2014. (www.epa.gov/radon). – 2014.

8. Thompson P. et al. Canadian radon strategy and action, Canadian Nuclear Safety Commission, Canadian provinces and territories, Health Canada. Oral presentation // HERCA Workshop, ASN Paris 30 September. – 2014.

10.2. Удосконалення нормативно-правової бази

Нині в Україні існує певна нормативно-правова система забезпечення радіаційної безпеки населення при дії природних джерел випромінювання у виробничих і комунальних умовах.

Разом з тим, Публікація 126 МКРЗ (2014 р.) [1] і керівництво МАГАТЕ «Захист населення від опромінення радоном та іншими природними джерелами випромінювання» [2] внесли ряд принципових змін в раніше існуючу стратегію захисту населення від радону.

Науковою основою цих змін стали дані епідеміологічних досліджень, що свідчать про несприятливу дію радону при рівнях близько 40 Бк/м³, характерних для середньосвітових значень ОА. Ці дані змінили попередній підхід МКРЗ (Публікація 65) [3], при якому заходи зі зниження радону в приміщеннях рекомендувалися тільки у разі перевищення рівня дії, що створювало невірне уявлення про безпеку дії нижче цього рівня.

Крім того, у відповідності до нової системи радіаційного захисту, викладеної в Публікації МКРЗ 103 [4], ситуація опромінення населення радоном відноситься до ситуації існуючого опромінення. Принципи регулювання цієї ситуації опромінення базуються на встановленні референтних рівнів і застосуванні принципу оптимізації при прийнятті і реалізації відповідних заходів захисту.

Суть цих заходів полягає в проведенні довготривалих заходів спрямованих на зменшення концентрації радону в житлі шляхом періодичного зниження рівнів втручання до можливих мінімально досяжних значень.

Прийняті МКРЗ нові підходи до оцінки ризику, викладені в Публікації 115 [5], вимагають детального перегляду вітчизняної

системи гігієнічних вимог з обмеження опромінення населення радоном і внесення на цій основі необхідних змін в чинні документи національної нормативно-правової бази регулювання.

Необхідно також розглянути питання про основну нормовану величину – еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону (ЕРОА). Вважаємо, що, доцільно перейти до нормування за величиною, що використовується у більшості країн – середньорічної ОА радону в повітрі замість прийнятої в нашій країні величини середньорічної ЕРОА, яку вкрай складно визначити інструментальними методами. Використання величини середньорічної ОА радону в нормуванні має свої переваги, оскільки дозволяє оцінити її інструментально.

Вимагають обговорення підходи до оптимального співвідношення обов'язкових і стимулюючих заходів у сфері захисту від радону в існуючому житлі, а також при проектуванні, будівництві і здачі в експлуатацію нових будівель.

Принципового вирішення вимагає питання про перехід від нормативів до референтних рівнів. Відповідно до міжнародних рекомендацій необхідно розглянути питання про встановлення національного референтного рівня. Проте, для України, територія якої характеризується різною радононебезпекою, слід окремо розглянути питання про встановлення регіональних референтних рівнів, першочергово для регіонів з підвищеними рівнями опромінення населення природними джерелами.

Для підготовки пропозицій з вдосконалення нормативної бази регулювання, що відповідає сучасним рекомендаціям і новій стратегії радіаційного захисту від радону, доцільно створити робочу групу експертів, яка б працювала під керівництвом Національної комісії з радіаційного захисту населення України.

Література

1. Публикация 126 МКРЗ. Руководство по защите от облучения радоном / Под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева // Москва: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России». – 2015.

2. Protection of the Public against + Exposure indoors due to Radon and Other Natural Sources at Radiation, SSG32/IAEA. – Vienna. – 2014.
3. Публикация МКРЗ 65: Защита от радона-222 в жилых помещениях и на рабочих местах.– М. : Энергоатомиздат, 1995.– 78 с.
4. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. / Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы // ICRP. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана». – 2009.
5. Публикация 115 МКРЗ. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону. М. 2013.

10.3. Створення системи радонових досліджень

На національному рівні має бути побудована система репрезентативних радонових обстежень з використанням інтегральних методів виміру радону і створення карти концентрацій радону в житлах. З цією метою потрібне створення міжрегіональних центрів з питань радіаційної безпеки, які здатні здійснювати радонові обстеження і створювати базу даних та карти радонових зон.

Зрештою, вказані національні бази даних і карти дозволять приступити до вирішення головної задачі – розробки Українського атласу природної радіації, як це робиться в країнах ЄС [1], чи карти радонових зон України для кожного району усіх регіонів.

Для реалізації цього завдання можна скористатися керівництвом МАГАТЕ «Національні і регіональні обстеження концентрацій радону в житлах: огляд методології і вимірювальної техніки» [2].

Враховуючи реальні економічні можливості нашої країни, Український атлас або карту радонових зон можна розглядати як орієнтир, у напрямі якого поетапно повинна збиратися інформація про радонові обстеження на основі інтегральних методів виміру.

Проте наявність детального керівництва і навіть відповідної техніки не дозволить досягти успіху в організації репрезентативних

радонових обстежень без чіткого розподілу повноважень між державним центром і регіонами.

Державний центр повинен здійснювати збір відомостей і науково-методичний супровід обстежень, для забезпечення яких можуть бути використані створені в кожному регіоні регіональні центри з питань радіаційної безпеки, як це виконано в Росії [3].

Представляється доцільним також залучити до цієї роботи практичні установи і науково-дослідні інститути незалежно від їх відомчої приналежності, що мають досвід робіт в області радіаційного захисту від радону.

Література

1. Tollefsen T., Cinelli G., Bossew P., et al. From the European indoor radon map towards an Atlas of natural radiation // Radiation Protection Dosimetry. –2014. Vol. 162, № 1–2. – p. 129-134.
2. National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings: Review of Methodology and Measurement Techniques (IAEA/AQ/33) // IAEA. – Vienna, 2013.
3. О реорганизации межрегиональных центров по вопросам радиационной безопасности. Приказ от 21 января 2011 г. № 14 // Министерство здравоохранения и социального развития РФ. – 2011.

10.4. Розробка корегуючих дій

Основна проблема, яка повинна отримати свій розвиток в майбутньому, полягає в розробці ефективної системи заходів з практичної реалізації основних положень, викладених в нормативно-методичних документах. Для досягнення цієї мети доцільно керуватися рекомендаціями МАГАТЕ [1], суть яких можна коротко викласти таким чином.

По-перше, в країні, і особливо на регіональному рівні, має бути налагоджений механізм вибору організацій, здатних впроваджувати ефективні превентивні заходи і коригувальні дії, відповідно до встановлених стандартів якості в області будівельного менеджменту.

З цього приводу як і раніше актуальним є включення теми «радон» в учбові програми усіх будівельних спеціальностей (архітектори, будівельники, будівельні інспектори та ін.) для забезпечення базовими знаннями в області радонобезпеки, які потрібні при застосуванні превентивних заходів і коригуючих дій.

По-друге, при здійсненні превентивних або коригувальних дій має бути постійно налагоджений процес періодичної оцінки ефективності радонозахисту будівель, здійснюваний технічними фахівцями, що мають необхідний досвід. Враховуючи досвід європейських країн [2, 3], доцільно передбачити, створення національної і регіональних баз даних статистичного обліку радонобезпечних будівель, а також «добрих практик» будівельних технологій.

Проблема вдосконалення превентивних заходів при будівництві нових будівель і коригувальних дій, у вже побудованих спорудах залежить від багатьох чинників, дослідження яких повинно стати одним з провідних напрямів при формуванні стратегії національного плану дій.

Суть полягає в необхідності зниження рівня концентрації радону в усіх будівлях і приміщеннях до розумно досяжного низького рівня на підставі використання принципу ALARA, що зрештою призведе до зниження радон-індукованої смертності від раку легень. Це багато в чому сприятиме посиленню уваги до проблеми радонозахисту будівель не лише на рівні суб'єктів, але у окремих громадян.

Література

1. Алгоритм формирования национального плана действий МАГАТЭ, Проект IAEA // IAEA. – Vienna, 2015.
2. Hulka J. Опыт реализации радоновой программы в Чехии // Презентация на рабочем совещании МАГАТЭ, 4–5 февраля. – М., 2014.

3. Mäkeläinen I., Valmari T., Reisbacka H. et al. Indoor Radon and Construction Practices in Finnish homes from the 20th to the 21st century. // Third European IRPA Congress, 2010 June 14–16. – Hel-sinki, Finland. – 2010.

10.5. Підготовка кадрів та інформування населення

Реалізація в країні довготривалої радонової стратегії вимагатиме від Міністерства освіти і науки України предметного розвитку системи науково-освітнього напрямку і підготовки кадрів в області радонової проблеми.

Зважаючи на те, що зниження радонової небезпеки є не лише проблемою радіаційного захисту населення, але і громадського здоров'я, ця діяльність повинна здійснюватися в тісній співпраці, першочергово, з Міністерством охорони здоров'я України, Міністерством екології і природних ресурсів України, Міністерством регіонального розвитку, будівництва і житлово-комунального господарства України та ін.

У цілому розвиток системи підготовки кадрів має бути націлений на розвиток наступних спрямувань:

- регулювання радіаційної безпеки населення при опроміненні природними джерелами випромінювання, у тому числі радоном в приміщеннях, на основі сучасних рекомендацій міжнародних організацій;
- вимірювальні методи і засоби оцінки рівнів опромінення населення радоном у будівлях;
- технології «радонового діагнозу» приміщення: оцінювання реальних рівнів, джерел і шляхів надходження радону;
- оцінювання радонового потенціалу і картування територій;
- інформаційно-аналітичні системи формування баз даних;
- іноваційні технології в області превентивних заходів і коригувальних дій, із забезпечення радонорезистентності будівель, а також методів оцінки їх ефективності;

- регулювання і контроль вмісту радіонуклідів у будівельних матеріалах;
- епідеміологічні дослідження і достовірність оцінок ризику радон-індукованого раку легень, виконаних на підставі теоретичних розрахунків;
- оптимальні стратегії зниження радонової небезпеки на рівні регіонів за критерієм витрати-ефективність.

Вказані напрямки розвитку системи освіти і підготовки кадрів запропоновані, з урахуванням заходів, що реалізуються у рамках національних планів зниження опромінення населення від радону в європейських країнах, США і Канаді. Вони мають бути оптимізовані на підставі аналізу заходів, що проводяться у цій сфері в Україні.

Організація інформування населення і розвиток ефективних комунікаційних технологій займає одне з ключових місць при реалізації радонової стратегії, оскільки більшість заходів щодо зниження активності радону в приміщеннях здійснюються за рішенням власників будівель за рахунок власних ресурсів. Успіх у цьому напрямі багато в чому визначається рівнем взаємодії державних органів влади, зацікавлених осіб і населення.

Одним з кардинальних чинників, що впливають на активне залучення населення до вирішення радонової проблеми, є діяльність зацікавлених осіб. Це лікарі, екологи, юристи, архітектори, будівельники, працівники комунальних служб, громадські діячі тощо, які мають базові знання про радон. Активність цієї групи суспільства визначається не лише її громадянською позицією, але і певною мотивацією, викликаною, перш за все, прагненням до досягнення успіху у своїй професійній діяльності.

Наприклад, лікар-пульмонолог, що професійно займається проблемою зниження захворюваності і смертності від раку легень, для досягнення успіху об'єктивно зацікавлений у роз'ясненні пацієнтам впливу радону на ризик виникнення цього захворювання.

У цьому плані показовий зарубіжний досвід з залучення зацікавлених осіб до вирішення цієї проблеми. Так, в США сучасний етап реалізації радонової стратегії характеризується організацією тісної взаємодії державних органів влади (Агентство з охорони довкілля,

Міністерство охорони здоров'я і соціальних служб, Міністерство житла і містобудування) з рядом неурядових організацій, діяльність яких координує Американська асоціація пульмонологів (ALA).

Під керівництвом ALA ці організації зосереджують свої зусилля, при активній взаємодії з населенням, на відстежування процесу реалізації пріоритетних напрямків радонової стратегії, здійснюють вплив на ринок радонових послуг [1, 2].

Для України організація інформування населення про проблему радону і розвиток ефективних комунікаційних технологій у цій сфері є актуальним завданням, вирішенню якого в національному плані дій має бути відведене пріоритетне місце.

У його вирішенні можна наслідувати рекомендації МАГАТЕ [3], у яких викладена послідовність кроків від розробки перших базових інформаційних листків про необхідність виміру радону, про зв'язок рівнів радону в приміщенні з ризиками для здоров'я, включаючи куріння, про реабілітаційні заходи – до створення довгострокової комунікаційної стратегії і формування регіональних радонових центрів.

Зрештою, навіть користуючись вказаними рекомендаціями МАГАТЕ, необхідно розуміти, що досягнення позитивних результатів в усвідомленні населенням небезпеки опромінення радоном і необхідності проведення захисних заходів своїми силами як для нашої країни, так і для більшості зарубіжних країн є досить складним і тривалим процесом.

Його динаміка багато в чому визначається не лише накопиченими знаннями і досвідом в області зниження опромінення радоном, але і сучасним рівнем культури радіаційної безпеки населення. Ці обставини мають бути враховані при плануванні заходів з інформування населення і розвитку ефективних комунікаційних технологій в національному плані дій.

На закінчення слід зазначити, що надані пропозиції базуються на сучасних рекомендаціях ВООЗ, МКРЗ і МАГАТЕ, а також міжнародному досвіді в області реалізації національних радонових стратегій. Ці пропозиції можуть служити основою для вдосконалення діяльності державних органів влади щодо зниження опромінення радоном населення України.

Ця діяльність має величезну соціальну значущість, оскільки спрямована на збереження здоров'я громадян України, а її успіх, як показує світовий досвід, визначається офіційно сформульованою на державному рівні позицією в області радонової проблеми.

Література

1. Алгоритм формування національного плану дій MAГATЭ, Проект IAEA // IAEA. – Vienna, 2015.
2. Long B. US Federal Radon Action Plan, Center for Radon and Air Toxics, Office of Air and Radiation // US EPA, HERCA Workshop, ASN Paris 30 September 2014. URL: www.epa.gov/radon. – 2014.
3. McBurney R. How the U.S. Developed a National Radon Action Plan: Lesson Learned and Ideas to Consider (State and NGO Activities). // Conference of Radiation Control Program, HERCA. ASN Paris 30 September. – 2014.





ПІДСУМКИ

Опромінення природною радіацією супроводжує все живе на Землі з дня утворення всесвіту.

Людина, як і будь-який живий організм, постійно піддається впливу природного опромінення, обумовленого наявністю в ґрунті, повітрі, воді, харчових продуктах радіоактивних ізотопів природного походження.

Порівняно недавно учені встановили, що найбільш визначальним джерелом природного опромінення людини є радіоактивний газ радон та продукти його розпаду.

Середньосвітова річна доза опромінення населення радоном становить 1,26 мЗв, що складає 52,5% від усього природного опромінення. В Україні річне опромінення радоном створює дозу опромінення 2,4 мЗв, що в сумарній природній компоненті складає 69 %.

Інтенсивні епідеміологічні дослідження наслідків опромінення населення радоном почали проводитись майже півстоліття тому назад. В результаті були отримані докази, що підтвердили зв'язок опромінення радоном з раком легень у опроміненого населення.

Було встановлено, що радон є другою провідною причиною смерті від раку легень для тих, хто курить цигарки і першою для тих, хто не курить.

Вивчення ситуації з радоном в Україні без сумніву є нагальною задачею. Особливо ця проблема є актуальною для Запорізької області, яка розташована на Українському кристалічному шиті, складеному гранітами, збагаченими ураном і радієм, який розпадаючись дає радіоактивний газ радон.

В монографії надані результати дослідження вмісту радону в об'єктах довкілля в Україні і в Запорізькій області. Наводяться дози

опромінення населення від радону і засоби зменшення впливу радону на населення в приміщеннях.

Цією публікацією ми намагаємося привернути увагу громадськості та наукової спільноти до проблеми радону в нашій країні, а також на основі рекомендацій міжнародних організацій з проблем радіаційної безпеки запропонувати комплекс протирадонових заходів щодо захисту населення від радонової небезпеки, яка є проблемою не тільки радіаційного захисту але і взагалі громадського здоров'я.



Основні типи засобів вимірів ОА і ЕРОА радону і торону в повітрі

Найменування і тип	Фірма / країна	Вимірюваний параметр	Спосіб відбору проб	Метод реєстрації сигналу	Примітка
1. Інтегральні засоби вимірів ОА і ЕРОА радону і торону в повітрі					
Трековий комплекс ТРЕК-РЭИ-1, ТРЕК-РЭИ-1М	ООО «Група компаній РЭИ», м. Москва	Середня ОА радону за час експонування	Пасивний	Плівковий трековий детектор	Нітроцелюлозна плівка К-6, LR-115. Термін експонування до 3 місяців без урахування фединга
1.1. Радонові монітори					
РГА-04	ООО «НТМ-Защита» м. Москва	ОА радону	Пасивний	ШПД з електростатичним осадженням ^{218}Po , ^{214}Po	Моніторинг радону Час безперервної роботи не менше 7 діб
AlphaGUARD PQ 2000	«Genitron Instruments» (Німеччина)	ОА радону	Пасивний (активний із спеціальною повітродувкою)	Імпульсна іонізаційна камера з ЗВ-спектрометричною обробкою	Безперервна зміна ОА радону, температури, тиску і відносної вологості повітря
AlphaGUARD Mod. PQ2000-M	«Saphimo GmbH» (Німеччина)	ОА радону			Те ж. Можливе застосування для перевірки робочих засобів вимірів ОА радону в повітрі
AlphaGUARD PQ 2000PRO	«Saphimo GmbH» (Німеччина)	ОА радону			Те ж. Можливе застосування для перевірки робочих засобів вимірів ОА радону в повітрі

Продовження додатку 1

Найменування і тип	Фірма / країна	Вимірюваний параметр	Спосіб відбору проб	Метод реєстрації сигналу	Примітка
Radon Scout / Radon Scout Plus (РГА-1100 / РГА-1100 Плюс)	SARAD (Німеччина)	ОА радону	Пасивний	Імпульсна іонізаційна камера, альфа-спектрометрія	Безперервна зміна ОА радону, температура, тиску і відносної вологості повітря
RTM-1668 /2200 (РРА-1688 /2200)	SARAD (Німеччина)	ОА радону	Активний	Альфа-спектрометрія	Можливе використання в якості монітора радону
2. Квазіінтегральні засоби вимірів ОА радону в повітрі					
Комплекс вимірювальний для моніторингу радону «Камера-01»	ЗАО НТЦ НИТОН (Росія)	ОА радону в повітрі приміщень, ґрунтовому повітрі і воді	Активний (пасивний з використанням вугільних адсорберів)	Сцинтиляційні детектори гамма- і бета-випромінювання	Середня ОА радону в повітрі приміщень за 1-6 дб. Середня ОА радону в ґрунтовому повітрі за 1-10 годин. Питома активність радону-222 у воді
3. Засоби вимірів ОА радону і торону миттєвого типу					
3.1. Засоби вимірів ОА радону і торону в повітрі					
Радіометр радону РРА-01М-01	НТМ «Защита» (Росія)	ОА радону, ОА торону в повітрі	Активний Фільтр: АФА РСР 10	ШІД з електростатичним осадженням ^{218}Po , ^{216}Po	

Продовження додатку 1

Найменування і тип	Фірма / країна	Вимірюваний параметр	Спосіб відбору проб	Метод реєстрації сигналу	Примітка
Радіометр радону РРА-01М-03	НТМ «Защита» м. Москва	ОА радону, ОА торону в повітрі	Активний Фільтр: АФА РСР 10	ППД з електростатичним осадженням ²¹⁸ Ро, ²¹⁶ Ро	Додатково вимірювані параметри: температура, тиск і відносна вологість повітря. Можливе використання в якості монітора радону
3.2. Засоби вимірів ЕРОА радону і торону					
Радіометр «РАА-10»	НТМ «Защита» м. Москва	ЕРОА радону і торону	Активний АФА РСР 10	ППД	
Радіометр РАМОН-01М	ТОО «СОЛЮ»	ЕРОА радону і торону, ОА аерозолів ДПР і ДПТ	Активний АФА РСР 20	Альфа-спектрометрія	В якості робочого еталону призначений для перевірки робочих засобів вимірів
Радіометр РАМОН-02	ТОО «СОЛЮ ЛТД»	ЕРОА радону і торону	Активний АФА РСР 20	Кремнієвий ППД	
РАА-20П2 «Поиск»	НТЦ «НИТОН»	ЕРОА радону і торону	Активний Фільтр: АФА РСР 3	Альфа-спектрометрія	Є можливість оцінки коефіцієнта рівноваги
РАА-3-01 «АльфаАЭ-РО»	ООО НТЦ Амплітуда	ЕРОА радону і торону	Активний Фільтр: АФА РСР 3	Альфа-спектрометрія	Є можливість: - оцінки коефіцієнта рівноваги; - роботи в режимі монітора до 14 діб; контролю температури навколишнього повітря

**КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РОДОВИЩА МІНЕРАЛЬНИХ
(РАДОНОВИХ) ВОД**

КАТЕГОРІЯ III. Мінеральні води, виділені за специфічними
(фізичними) властивостями

ВИД 11. ВОДИ РАДОНОВІ

Підвиди а. Монокомпонентні

Класи А1, А2, А6, А10. Різного аніонного складу

Підкласи Ка-і. Різного катіонного складу

Група б. Низькомінералізовані слаборадонові (до 1480 Бк·дм³)

Номер типу води	Назва води, підвиду, класу, підкласу, групи мінеральних вод	Тип мінеральної води: 1.Український (область). 2.Країни СНД (країна). 3.Інших країн (країна). [близькі за типом води надаються в дужках]	Характерні представники	Мінералізація, г·дм ³	Формула Курлова	Біологічно активні компоненти. Газовий склад (мг·дм ³), температура (°С)	Шифр води	Призначення і покази до застосування	
								внутрішнє	зовнішнє
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
101	Слабо радонова гідрокарбонатна (гідрокарбонатно-хлоридна, гідрокарбонатно-сульфатна) різного катіонного складу низько мінералізована	1.Полонне (Хмельницька) 2.Ліповський (Росія) [Ліповський (Росія)]	<i>Полонська</i>	0,63	$\frac{\text{HCO}_3\text{91}}{\text{Ca58 Mg39}}$	²²² Rn-995-1136	<i>III-а (б-рад.)-A1Kb-б</i>	-	[Росія]-1; 2; 3; 5; 6; 7,1; 7,3;7,4; 8
<i>Група в. Маломінералізовані слаборадонові (до 1480 Бк·дм³)</i>									
102	Слабо радонова різного іонного складу	1.Немирівський (Вінницька) 2.[Пятигорський радоновий-3 (Росія)]	<i>Немирівська[B]</i>	1,3	$\frac{\text{HCO}_3\text{47 Cl 24}}{\text{Ca65 Mg19}}$	²²² Rn-370-395	<i>III-а II (б-рад.)-A10Ka-в</i>		[Росія]-1; 2; 3; 5; 6; 7,1; 7,3; 7,4; 8

Продовження додатку 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Група б. Низькомінералізовані слаборадонові (1480-3700 Бк·дм³)</i>									
103	Середньо радонова гідрокарбо натна (гідрокарбо нат-но- сульфатна) кальцієво- магнієва (кальцієва) низько- мінералі- зована	1.Хмельницьки й1.(Вінницька) 2.Кісегачський (Росія) [Кісегачський (Росія)]	Дільниця «Курортна»	0,7	$\frac{\text{HCO}_3}{\text{Ca65 Mg24}}$	²²² Rn- 740-2960	III-а 11 (б-рад.)-АІ Кб-б	-	[Росія]-1; 2; 3; 5; 6; 7,1; 7,3; 7,4; 8
<i>Група в. Маломінералізовані середньорадонові (1480-3700 Бк·дм³)</i>									
104	Середньо радонова різного іонного складу, маломіне- ралізована	1.Новоград- Волинський (Житомирська) 2.[Пятигорський радоновий-2 (Росія)]	Новоград-Волинська	1,1	$\frac{\text{SO}_4\text{39 HCO}_3\text{3Cl24}}{\text{Ca58 Mg14 Na13}}$	²²² Rn-1561	III-а 11 (б-рад.)-Аб Ка-в	-	[Росія]-1; 2; 3; 5; 6; 7,1; 7,3; 7,4; 8
<i>Клас А1. Гідрокарбонатні Підклас Кв. Кальцієво-магнієві Група б. Низькомінералізовані високорадонові (>3700 Бк·дм³)</i>									
105	Високо радонова гідрокарбо- натна кальцієво- магнієва низько- мінералі- зована	1.Хмельницький -ІІ (Вінницька) 2.Увільдинський (Росія)	Дільниця «Голодьки»	0,6	$\frac{\text{HCO}_3\text{95}}{\text{CA69Mg26}}$	²²² Rn-14807400	III-а 11 (б-рад.)-АІ Кб-б	-	[Росія]-1; 2; 3; 5; 6; 7,1; 7,3; 7,4; 8

Примітка: Класифікація мінеральних вод України. ред. акад. НАН України
Шестопапов В.М. – К., 2003. – 121 с

**ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ЗАПОРІЗЬКИХ ФАХІВЦІВ З ПИТАНЬ ПРИРОДНОЇ
РАДІОАКТИВНОСТІ**

1. Ильицкий Р. Б., Перцовская С. А., Печенкин В. А., Настенко Ю. П. Санитарно-радиационная оценка условий труда на участках применения цирконового концентрата в сталелитейном производстве. / Сб. XII Научно-практическая конференция санитарных врачей, эпидемиологов, микробиологов, паразитологов. Запорожье. 1972. – С. 89-94.
2. Сухомлина А. Н., Беликов Н. Г., Алексеев Н. А., Гуральник З. А., Перцовская С. А. К вопросу о природной радиоактивности лечебных грязей некоторых соленых водоемов северо-западного Приазовья. / Сб. Материалы республиканской конференции по медицинской географии. К., 1973. – С. 78-79.
3. Сухомлина А. Н., Алексеев Н. А., Гуральник З. А. Гигиеническая характеристика природной радиоактивности источников питьевого водоснабжения. / Сб. Материалы 2-й республиканской конференции по медицинской географии. К., 1978. – С. 78-79.
4. Сухомлина А. Н., Буяновер М. И., Гуральник З. А., Трусевич И. Л. Загрязнение естественными радиоактивными изотопами атмосферного воздуха в районе эксплуатации тепловой электростанции. / Сб. Задачи гигиенической науки и практики в повышении эффективности и качества госсаннадзора за использованием ядерной энергии в мирных целях. Л., 1978. – С. 46-48.
5. Сухомлина А. Н., Костенецкий М. И. Сравнительная радиационно-гигиеническая характеристика выбросов промышленных предприятий города и тепловой электростанции. / Актуальные вопросы радиационной гигиены. Тезисы докладов всесоюзной конференции. Обнинск. – 1983. – С. 29-30.

6. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Кравцова Л. С. Оценка доз облучения населения от естественных источников и поставарийные дозы. / Сб. Проблемы радиационной эпидемиологии медицинских последствий аварии на ЧАЭС. Материалы научной конференции. Киев. 1993. – С. 121-123.
7. Костенецький М. І, Грибіненко Г. Т., Риждова Г. Л., Хрипко З. А. Радіаційно-гігієнічна оцінка підземних джерел питного водопостачання Запорізької області. / Зб. Пріоритетні проблеми гігієнічної науки, медичної екології, санітарної практики та охорони здоров'я. Київ. 1995. – ч. 1. – С. 78.
8. Костенецкий М. И. Система радиационного контроля в строительстве. / Ориентир. 1996. №12. – С. 39.
9. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т. Радиационно-гигиеническая оценка условий труда и быта шахтеров Запорожского железнорудного комбината. / Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. Збірник наукових статей. Запоріжжя, Вип. 4. – 1999. – С. 187-189.
10. Костенецкий М. И. Проблемы контроля радиоактивности питьевой воды в Украине. / Проблемы прикладной спектрометрии и радиологии (ППСР-2003), VII Международное совещание. Россия. Менделеево. 2003. С. 8.
11. Севальнев А. И., Костенецкий М. И. Проблемы нормирования радиоактивности питьевой воды в Украине. / Мат-лы научно-практ. конф. Международного Водного Форума «АКВА Украина-2003». Киев. 2003. – С. 228-229.
12. Костенецкий М. И., Севальнев А. И. Радиационно-гигиеническая характеристика «черных песков» Азовского моря. / Сб. научных трудов XI Международной научно-технич. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов». Бердянск. 2003. Т. 4. – С. 970-971.
13. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Кравцова Л. С., Антонова Г. Л., Хрипко З. А. Радиоэкологические исследования подземных источников питьевого водоснабжения Запорожской области и дозы облучения

- населения. / Сб. научных трудов XI Международной научно-технической конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов». Бердянск. 2003. Т. 4. – С. 859-861.
14. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т. Облучение населения Запорожской области за счет минеральных удобрений. / Сб. научных трудов XII Международной научно-технической конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов». Харьков. 2004. Т. 2. – С. 390-392.
 15. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т. Радиационно-гигиеническая характеристика условий труда шахтеров при добыче железной руды подземным способом. / Мат-ли XIV з'їзду гігієністів України. Дніпропетровськ. 2004. Т. 2. – С. 313-315.
 16. Костенецкий М. И. Мониторинг радиоактивности подземных источников питьевого водоснабжения и дозы облучения населения. / Сб. IX Международное совещание «Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии ППСР-2005». Россия. 2005. – С. 23.
 17. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Трусевич И. Л. Радиационно-гигиеническая характеристика условий труда металлургов комбината «Запорожсталь». / Сб. XII Международная научно-техническая конференция «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов». Алушта. 2005. – С. 320-325.
 18. Костенецький М. І. Радіоактивність води підземних джерел у Запорізькій області. СЕС. Профілактична медицина. 2005. – №3. – С. 55.
 19. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Трусевич И. Л. Радиационно-гигиеническая характеристика условий труда металлургов титано-магниевого комбината. / Зб. Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека : Проблеми і шляхи вирішення». Харків. 2005. – Т. 2. – С. 292-296.

20. Костенецкий М. И., Севальнев А. И. Радиоактивность питьевой воды подземных источников и дозы облучения населения. / Мат-лы III Международного Водного Форума «АКВА Украина-2005». Киев. – 2005. – С. 229-232.
21. Павленко Т. А., Костенецкий М. И., Аксьонов Н. В. Оценка доз облучения населения Запорожской области. / Вестник гигиены и эпидемиологии. 2006. – Т. 10. – №1. – С. 103-106.
22. Костенецький М. І., Севальнев А. І., Лемешко Л. Т. Радіаційно-гігієнічний моніторинг і ризик від опромінення населення Запорізької області. / Зб. Сучасні проблеми епідеміології, мікробіології та гігієни. Львів.– 2006. – С. 243-245.
23. Костенецкий М. И., Севальнев А. И., Павленко Т. А., Грибиненко Г. Т. Радиационно-гигиенические аспекты экологической безопасности населения Запорожской области. / Зб. Екологічні проблеми водного та повітряного басейнів. Утилізація відходів. Харків. – 2006. – С. 90-96.
24. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Трусевич И. Л., Кравцова Л. С. Дозы облучения металлургов за счет техногенно-усиленных источников природного происхождения. / Сб. Гигиена населенных мест. Вып. 17. Киев. –2006. – С. 315-320.
25. Севальнев А. И., Ремжин А. А., Костенецкий М. И., Колеров О. И. Состояние и проблемы питьевого водоснабжения в Запорожской области. / Мат-лы IV Международного Водного Форума «АКВА Украина-2006». Киев. – 2006.– С. 313-314.
26. Костенецький М. І., Севальнев А. І. Радіаційно-гігієнічний ризик опромінення населення Запорізької області. / Зб. тез «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України», Київ. 2007. Вип. 7. – С. 33-34.
27. Севальнев А. И., Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Хомутов В. А. Тулушев Е. А. Интегральный подход к оценке класса опасности отходов на примере доменного и мартеновского шлаков ОАО «Запорожсталь». / Зб. «Проблеми

- і вирішення у сфері поводження з небезпечними побутовими відходами». Київ. Знання. 2007. – С. 35-39.
28. Севальнев А. И., Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Хомутов В. А. Тулушев Е. А., Углова Т. И. Радиационно-экологическая оценка риска пылевых выбросов промпредприятий г. Запорожья. / Зб. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. Харків. 2007. №1. – С. 299-302.
 29. Севальнев А. И., Костенецкий М. И. Опыт работы Запорожской облСЭС по контролю за содержанием радона-222 в воздухе. / Зб. Збереження здоров'я населення урбанізованих територій: наукові і практичні аспекти впливу чинників довкілля. Дніпропетровськ. 2007. – С. 73-75.
 30. Севальнев А. И., Костенецкий М. И., Ремжин А. А., Гаврикова О. П., Тулушев Е. А. Социально-гигиенический мониторинг как основа оценки риска здоровья населения. / Запорожский медицинский журнал. – 2007. №6. – С. 55-56.
 31. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т. Ризик опроміювання населення м. Запоріжжя у зв'язку із забрудненням атмосферного повітря природними радіонуклідами. / Зб. тез. НПК «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України». 2008. – Вип. 8. – С. 45-47.
 32. Севальнев А. И., Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Нащекина С. Л. Природная радиоактивность и дозы облучения работников металлургического производства. / Вестник гигиены и эпидемиологии. Донецк. 2008. – Т.12. – №2. – С. 256-258.
 33. Костенецкий М. И. Радиационный ризик населення м. Запоріжжя від природних радіонуклідів, що містяться в атмосферному повітрі. / СЕС. Профілактична медицина, 2009.– №1.– С. 30-31.
 34. Костенецкий М. И. До питання встановлення радіаційних показників безпеки в питній воді. / Зб. НПК «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України» Київ. – 2009. – №9. – С. 25-27.
 35. Костенецкий М. И., Нащекина С. Л. К вопросу о методическом обеспечении радиационного контроля на

- производстве, где используются материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов. / Вестник гигиены и эпидемиологии. 2009. Т.13, №1. Приложение. С. 103-106.
36. Костенецький М. І., Севальнев А. І., Куцак А. В. Вплив радону на опромінення населення Запорізької області. / Охорона навколишнього середовища промислових регіонів – умова сталого розвитку України : зб. наук. статей. V Всеукр. наук.-практ. конф. / Запоріжжя. 2009. – С. 323-326.
37. Костенецкий М. И., Трусевич И. Л. Радон и методы его определения в воде. / Производственная лаборатория. 2009. №6. –С. 28-29.
38. Севальнев А. И., Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т. Санитарный надзор за радиационной безопасностью в строительстве. / Зб. Безпека середовища життєдіяльності людини : екологічні, медичні та економічні аспекти. Київ. 2010. С. 40-45.
39. Костенецкий М. И., Грибиненко Г. Т., Трусевич И. Л. «Грязные» деньги. / Зб. Безпека середовища життєдіяльності людини : екологічні, медичні та економічні аспекти. Київ. Знання. 2010. 65-67.
40. Костенецкий М. И. О случае радиационного загрязнения денежных купюр. СЕС. Профілактична медицина. 2010. 1. 45.
41. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В., Шаравара Л. П. Дози опромінення населення, що обумовлені радоном у воді. / Актуальні проблеми сучасної медицини. Полтава. 2010. Вип. 3(31). Т. 10. – С. 267-269.
42. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В. Опромінення населення за рахунок природної радіації в будівлях. / Зб. тез 50-ої наук.-практ. конф. з напрямків впровадження досягнень науки в практику та удосконалення державного санітарно-епідеміологічного нагляду.– Запоріжжя.– 2010.– С. 66-67.
43. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В., Шаравара Л. П. Обмеження опромінення людини за рахунок радону в контексті історичного розвитку цього питання. / Запорожский медицинский журнал. – 2011. – Т. 13.– № 2. – С. 41-43.

44. Костенецький М. І., Грибіненко Г. Т., Трусевич І. Л. Радіаційно-гігієнічна оцінка умов праці при виробництві керамічних виробів. / Зб. тез доповідей НПК «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України». Київ. 2011. – №11. – С. 68-70.
45. Костенецький М. И., Севальнев А. И. К вопросу о радиационно-гигиеническом мониторинге питьевой воды. / Зб. ст. VII Всеукр. науково-практ. конф. «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України». Запоріжжя. 2011. – С. 320-323.
46. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В. Радон в печерах – нова проблема в спелеології. / Запорожский медицинский журнал. – 2012. – №1 (70). – С. 95-98.
47. Костенецький М. І., Севальнев А. І., Куцак А. В. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні. / Запорожский медицинский журнал. – 2012. – №1(70). – С. 89-91.
48. Костенецький М. І. Радіаційно-гігієнічний моніторинг питної води. / СЕС. Профілактична медицина. 2012. №3. – С. 60-61.
49. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Куцак А. В., Севальнев А. І., Аксьонов М. В. Стан радонової небезпеки в дитячих дошкільних закладах Запорізької області. / Гігієнічна наука та практика : сучасні реалії. Зб. тез доп. XV з'їзду гігієністів України. Львів. 2012. – С. 353-354.
50. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Куцак А. В., Севальнев А. І., Аксьонов М. В. Радон і дози опромінення дітей в дитячих дошкільних закладах Запорізької області. / Зб. тез 52-ої наук.-практ. конф. з напрямків впровадження досягнень науки в практику та удосконалення державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Запоріжжя. 2012. – С. 8-9.
51. Куцак А. В., Севальнев А. І., Костенецький М. І. Дози опромінення дітей за рахунок радону в повітрі приміщень дитсадків. / Современные достижения медицинской и фармацевтической науки : сб. тез. I междунар. интернет-конф. молодых ученых и студентов. Запорожье. 2012. – С. 62.

52. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В. Радіоекологічна ситуація та заходи щодо зниження радону в дитячих дошкільних закладах. / Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук. Зб. тез І регіон. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених. Запоріжжя. 2012. – С. 228-230.
53. Костенецький М. І. Основні шляхи зниження доз опромінення дітей від іонізуючого випромінювання. / Зб. ст. VIII Всеукраїнської НПК «Охорона навколишнього середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України». Запоріжжя. 2012, С. 162-163.
54. Севальнев А. І., Костенецький М. І., Куцак А. В. Заходи щодо зниження радону-222 в дитячих навчальних закладах Запорізької області // Інформаційно-методичний лист № 11/3426 від 07.11.2012. Запоріжжя.– 2012. –3 с.
55. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Куцак А. В., Севальнев А. І., Аксьонов М. В., Фризюк М. А. Радон в повітрі приміщень дитсадків Токмакського району Запорізької області. / Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дев'яті марзєєвські читання). Зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ. 2013. – Вип. 12. – С. 100-101.
56. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Лемешко Л. Т., Куцак А. В., Аксьонов М. В., Фризюк М. А. Уровни облучения дошкольников за счет радона в воздухе помещений. / Зб. тез доповідей 53 НПК «90 років заснування санітарно-епідеміологічної служби України» Запоріжжя.– 2013.– С. 25-27.
57. Севальнев А.І., Куцак А.В., Костенецький М.І. Радиационно-гигиеническая оценка условий труда горняков при добыче железной руды подземным способом. / Научно-практический журнал «Медицина сегодня і завтра». Харків. 2013. – № 3 (60). – С. 156-159.
58. Севальнев А. И., Куцак А. В., Костенецкий М. И. Дозы облучения населения за счет природных источников. / Вестник гигиены и эпидемиологи. 2013. Т 17. № 1. – С. 111-113.

59. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Лемешко Л. Т., Куцак А. В., Аксьонов М. В., Фризюк М. А. Рівні ризику та вартість контрзаходів від опромінення дітей-дошкільників радоном-222. / Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзєєвські читання). Зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ. 2014. С. 191-193.
60. Павленко Т. О., Костенецький М. І., Куцак А. В., Севальнев А. І., Аксьонов М. В., Фризюк М. А. Уровни облучения дошкольников за счет радона в воздухе помещений. / Гигиена и санитария. – 2015. – № 4. – С. 18-21.
61. Костенецький М. І., Лемешко Л. Т., Куцак А. В., Павленко Т. О., Аксьонов М. В., Фризюк М. А. Ризик опромінення дошкільників радоном-222 та вартість протирадонових заходів. / Зб. тез доповідей 55 НПК «Забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення Запорізької області в умовах реформування. Перший досвід. Проблеми та перспективи». Запоріжжя. 2015. С. 9-10.
62. Куцак А. В., Севальнев А. И., Костенецкий М. И. Оценка возможных доз облучения за счет радона в воздухе помещений. / Сб. научных статей VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов с международным участием «Окружающая среда и здоровье. Гигиена и экология урбанизированных территорий», посвященная 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина». М., 2016. С. 297-300.
63. Куцак А. В., Севальнев А. И., Костенецкий М. И. Дозы облучения населения за счет природных источников. / Сб. научных статей VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов с международным участием «Окружающая среда и здоровье. Гигиена и экология урбанизированных территорий», посвященная 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина». М., 2016. С. 300-305.
64. Костенецький М. І., Лемешко Л. Т., Павленко Т. О., Аксьонов М. В., Фризюк М. А., Севальнев А. І., Куцак А. В. Оптимізація

- радіаційно-гігієнічного моніторингу на сучасному етапі. / Збірник тез доповідей Міжнародної наукової конференції «Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи – тридцять років по тому». Київ. 2016. – С. 28.
65. Куцак А.В. Наукове обґрунтування залежності рівнів радону в повітрі приміщень дошкільних навчальних закладів від архітектурно-планувальних рішень. / Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Сучасні аспекти медицини та фармації - 2016». Запоріжжя. 2016. С. 71-72.
66. Куцак А.В. Современные международные подходы к защите населения от воздействия ионизирующего излучения. / Зб. наук. статей НПК з міжнародною участю «Актуальні проблеми діагностики, лікування та профілактики професійних захворювань в Україні». Кривий Ріг. 2016. С. 197-200.
67. Куцак А.В., Севальнев А.І., Костенецький М.І. Вивчення рівнів і структури доз опромінення населення за рахунок природних джерел випромінювання. / Міжнародний медичний журнал. – 2017. № 3. С. 88-97.
68. Куцак А.В., Севальнев А.І. Вивчення дозового навантаження населення за рахунок природних джерел випромінювання. / Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики // Зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф молодих вчених та студентів з міжнародною участю, присвяченої Дню науки «Сучасні аспекти медицини і фармації – 2017». Запоріжжя – 2017. – С. 26-27.
69. Костенецький М.І., Лемешко Л.Т., Борцова М.В., Трусевич І.Л. Дози опромінення населення Запорізької області за результатами радіологічних моніторингових досліджень. / Тези наук.-практ. робіт на тему «Моніторинг, аналіз та оцінка ризиків стану здоров'я населення Запорізької області в умовах становлення служби громадського здоров'я» Запоріжжя, 2017, – С. 2.

70. Куцак А.В., Севальнев А.І., Костенецький М.І. Стан дозового навантаження населення від різних джерел випромінювання (на прикладі Запорізької області). Зб. тез доповідей н/пр. конференції (13 Марзєєвські читання. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України). Київ. 2017. С. 127-130.
71. Куцак А.В., Севальнев А.І., Костенецький М.І. Соціально-гігієнічний моніторинг здоров'я дітей в аспекті оцінки радіаційного ризику за рахунок радону-222. Єдине здоров'я та проблеми харчування. 2018, 1, С. 34-37.

Наукове видання
(українською мовою)

КОСТЕНЕЦЬКИЙ Михайло Ілліч
СЕВАЛЬНЄВ Анатолій Іванович
КУЦАК Алла Валеріївна

**РАДОН НАВКОЛО НАС:
ПРОБЛЕМА ТА ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ**

МОНОГРАФІЯ

Редактор І.Г. Шишко
Технічний редактор М.І. Синюгін

Підписано до друку _____ р.
Папір офсетний. Друк - ризограф.
Умов. друк. арк. 6,3.
Наклад 100 прим. Зам. № _____.
Оригінал-макет виконаний в ЦВЗ ЗДМУ
69035, м. Запоріжжя, пр. Маяковського, 26
тел. (061) 239-33-01

Видавництво ЗДМУ
69035, м. Запоріжжя, пр. Маяковського, 26