

Національний Технічний Університет України
Київський Політехнічний Інститут

на правах рукопису

УДК 546.296.616-001.27/.29

ПАВЛЕНКО ТЕТЯНА ОЛЕКСАНДРІВНА

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ
НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ ВІД РАДОНИ-222.

Спеціальність 05.26.05- "Інженерна екологія"

АВТОРЕФЕРАТ

Дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук.

Київ - 1996

636.082 +
621.86/87

AB35.929

Робота виконана у відділі д
Центру радіаційної Медици

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00753863 (W)

Наукові керівники:

доктор біологічних наук
кандидат технічних наук

ЛОСЬ Іван Павлович
ГОРИЦЬКИЙ Олексій Васильович

Офіційні опоненти:

доктор медичних наук
доктор фізико-математичних
наук

Черниченко Ігор Олексійович
Применко Георгій Іванович

Ведуча організація: Інститут сільськогосподарської радіології Міністерства
сільського господарства України.

Захист відбудеться "26" 11 _____ 1996 року о _____ на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д.01.02.01 Київського політехнічного інституту
за адресою: 252057, м. Київ-57, проспект Перемоги 37, корп. 4, кімн.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського політехнічного
інституту

Автореферат розісланий "25" 10 _____ 1996 року

Відгуки на автореферат у двох примірниках за підписом, затвердженим
печаткою прохання надсилати за адресою:
252057, м. Київ-57, проспект Перемоги 37, КПІ, Вчена рада

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

Срібний Л.Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність теми. Середньовзважена річна ефективна доза опромінення населення земної кулі (без врахування аварійних ситуацій) складає біля 4 мЗв·рік⁻¹. Головними джерелами, які формують цю дозу, є опромінення при медичних обстеженнях (30%) та природні джерела випромінювання (70%), де більше 50% дози визначається ²²²Rn у повітрі житлових будинків. [НКДАР ООН, 1982].

Попередні оцінки доз опромінення від ²²²Rn на території України встановили, що він виступає головним з формуючих сумарну дозу факторів і на території України. Його внесок у сумарну популяційну дозу опромінення за час середньостатистичного життя (70 років) складає біля 60 % (навіть з "чорнобильською" компонентою включно) [Лось І.П., 1993]. Згідно з основними принципами радіаційного захисту, розробка комплексу контрзаходів для зменшення радонової компоненти дози вважається доцільним. Її впровадження дозволить суттєво зменшити сумарну дозу і деякою мірою компенсувати дозу від аварійного опромінення [ICRP, Publ.60, 1990].

Відсутність методичної та апаратурної бази не дозволяла не тільки проводити подібні дослідження на території країни, але й впроваджувати контроль активності ²²²Rn у повітрі будівель на її відповідність нормам, які були затверджені Міністерством охорони здоров'я України у 1991 році.

Таким чином, проблема ²²²Rn у повітрі житлових помешкань є одною з провідних у галузі радіаційного захисту населення України, розв'язання якої дозволить зменшити радіаційні ризики для населення.

Мета та задачі досліджень. Метою досліджень є наукове обґрунтування оптимальної системи радіаційного захисту населення України від ²²²Rn у повітрі житлових будівель. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Обґрунтувати та розробити вимоги до апаратурного забезпечення системи контролю активності ²²²Rn у повітрі.
2. Визначити основні закономірності формування активності ²²²Rn у повітрі житлових помешкань.
3. Визначити найбільш радононебезпечні регіони на території України.

ЛНБ ім. В. Стефанишина
АН України

4. Визначити індивідуальні та колективні дози опромінення населення обстежених регіонів.

5. Оптимізувати систему контролю активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань.

6. Обґрунтувати найбільш прийнятні для України протирадонові заходи.

Наукова новизна роботи. В процесі виконання робіт вперше науково обґрунтовано та розроблено вимоги до засобів вимірювання активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань згідно з існуючою на території України нормативною базою.

Вперше на території України створено систему метрологічного забезпечення вимірювань активності ^{222}Rn у повітрі, яку було атестовано Держстандартом України в якості первинного засобу вимірювань.

Виконаний комплекс методичних, експериментальних та теоретичних досліджень дозволив вперше у вітчизняній практиці протирадіаційного захисту населення науково обґрунтувати шляхи її оптимізації на підставі аналізу індивідуальних та колективних доз опромінення населення за рахунок ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань.

Практичне значення роботи.

В результаті розв'язання поставлених задач були науково обґрунтовано та розроблено вимоги до апаратного, методичного та метрологічного забезпечення системи контролю активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань. Розроблені технічні вимоги до засобів вимірювання активності ^{222}Rn було покладено за основу автоматичного іскрового лічильника "TRACK 2010Z", створеного разом з Науково-виробничою фірмою "РОСА" (м. Київ) та Науково-виробничим об'єднанням "Позитрон" (м. Жовті Води).

Спільно з Науково-виробничим об'єднанням "Метрологія" розроблено систему метрологічного супроводження вимірювань активності ^{222}Rn на базі створеної в Научному Центрі Радіаційної Медицини (НЦРМ) радонової камери, яку було атестовано Держстандартом України в якості первинного засобу вимірювання активності ^{222}Rn [свідотцтво ДНВО "Метрологія" за № 307/95].

Таким чином, створено апаратурну, методичну та метрологічну базу системи контролю вмісту ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань, яка задовільняє вимогам національних нормативів та міжнародним правилам.

За результатами більше ніж 9500 вимірів радону-222 у повітрі житлових помешкань різних регіонів країни, було розв'язано задачу оптимального розподілу на регіональному рівні наявних в обмеженій кількості апаратурних засобів.

З врахуванням соціальних, та в першу чергу, економічних умов України, було обгрунтовано найбільш прийнятна з точки зору реалізуємості систему протирадонових заходів.

На захист виносяться наступні положення, які є наслідком виконаного комплексу методичних, експериментальних і теоретичних досліджень:

- наукове обгрунтування технічних вимог до апаратурного забезпечення системи контролю активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань;
- аналіз закономірностей формування активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань;
- аналіз індивідуальних та колективних ефективних доз опромінення населення окремих регіонів України та радіаційних ризиків від ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань;
- наукове обгрунтування системи протирадіаційного захисту населення України від ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань.

Апробация роботи. Провідні положення роботи доповідалися на:

1. Міжнародній конференції "Твердотільні трекові детектори ядер та їх застосування" (Одеса, 1990, вересень).
2. Науково-практичній конференції "Актуальні проблеми ліквідації медичних наслідків аварії на Чорнобильській АЕС" (Київ, 1992, квітень).
3. II Міжнародній робочій нараді "Твердотільні трекові детектори ядер та їх застосування" (Дубна, 1992, березень).
4. Міжнародній науково-практичній конференції "Радіаційно-екологічні та медичні аспекти наслідків аварії на Чорнобильській АЕС" (Київ, 1993, квітень).
5. Науковій конференції "Проблеми радіаційної епідеміології медичних наслідків аварії на ЧАЕС" (Київ, 1993, жовтень).

6. 17 Міжнародній конференції “Твердотільні трекові детектори ядер та їх застосування” (Дубна, 1994, серпень).

7. Міжнародному семінарі “Radon Policy” (Брюсель, 1995, жовтень).

8. 18 Міжнародній конференції “Твердотільні трекові детектори ядер та їх застосування” (Каїр, 1996, вересень).

Публікація результатів досліджень. За темою дисертації опубліковано 17 робіт, в тому числі: у міжнародних виданнях - 8, у вітчизняних виданнях- 9.

Структура дисертації. Дисертаційна робота виконана на 125 сторінках і містить: вступ, огляд літератури, 5 розділів власних досліджень, заключення, висновки, список літератури, включає 29 малюнків, 15 таблиць. Список літератури містить 66 найменувань, 59 закордонних включно.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

Проведено аналіз літературних джерел за проблемою ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань: його фізичні та біологічні характеристики, джерела надходження, результати досліджень коефіцієнтів рівноваги між ^{222}Rn та його дочірніми продуктами розпаду, дані останніх досліджень щодо визначення активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань, дані епідеміологічних досліджень. Розглянуті підходи та методи, які використовуються для оцінки радіаційних ризиків для здоров'я населення від радіоактивного природного газу ^{222}Rn .

Аналіз літератури дозволяє зробити висновок про те, що найбільш вагомий внесок до сумарної дози опромінення населення від джерел іонізуючого випромінювання складає внутрішнє опромінення легенів радоном та його дочірніми продуктами. У зв'язку з цим, існує потреба в розробці та реалізації системи протирадіаційного захисту населення України від ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань, що дозволить не тільки забезпечити дотримання нормативів, які були затверджені Міністерством охорони здоров'я України, але й значно зменшити сумарні дози опромінення, тобто і радіаційні ризики для здоров'я населення.

Результати власних досліджень.

Виконано аналіз та наукове обґрунтування оптимальної ідеології апаратурного забезпечення системи контролю ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань. Дослідження містили:

1. Визначення вимог до методу вимірювання активностей ^{222}Rn згідно діючих гігієнічних регламентів.

2. Огляд існуючих методів вимірювання активностей ^{222}Rn та вибір найбільш прийняттого.

3. Вибір найбільш прийняттого методу вимірювань за економічними (вартість одного виміру), соціальними (робочі місця в Україні) та санітарно-гігієнічними (повинен відповідати вимогам норм та існуючій системі контролю, правилам організації моніторингу) критеріями.

4. Розробку технічних вимог до приладів контролю активностей ^{222}Rn .

Як результат, у якості базового методу вимірювання активностей ^{222}Rn у повітрі будинків було вибрано метод пасивної трекової радонометрії, який відповідає слідуєчим вимогам: дозволяє проводити інтегральні виміри з довільним часом експозиції (санітарно-гігієнічний критерій - вимірювання середньорічної активності); мінімально детектуєма активність на порядок менше лімітуємої величини при заданій похибці 30% та довірчій імовірності 0.95 [ICRP, 1972].

На підставі вибраного методу було проведено наукове супроводження розробленого та виробляемого в теперішній час вимірювального комплексу "TRACK 2010Z", який повністю задовільняє необхідним вимогам та дозволяє одночасно проводити тисячі вимірювань на рік при найбільш прийнятній вартості одного виміру. Прилад є простим у використанні (виключає участь у вимірюванні мешканців помешкання та мінімізує ступінь участі особи, яка виконує вимірювання), тобто розрахований на використання службами радіаційного контролю. Під час проведення вимірювань метод створює мінімальний дискомфорт для мешканців, тобто відповідає критеріям радіаційного моніторингу.

Розроблено систему гарантій якості вимірювань активностей радону, для чого було введено систему метрологічного забезпечення робіт щодо вимірювання активностей радону в повітрі житлових помешкань на базі створеної у НЦРМ радонової камери, яка має атестат Держстандарта України в якості первинного засобу вимірювань радону в повітрі.

Таким чином, на першому етапі досліджень було створено апаратуру та метрологічну базу системи контролю радону в повітрі житлових помешкань.

З метою наукового обґрунтування методичних аспектів супроводження робіт, проведено дослідження та аналіз закономірностей формування активностей радону в повітрі житлових помешкань, типових для території України.

Вимірювання проводилися як методом пасивної трекової радонометрії, так і активними приладами типу радонмоніторів "ALNOR" (Фінляндія) і "AlfaGUARD" (Німеччина).

Аналіз результатів власних досліджень продемонстрував, що на величину активностей ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань України впливають: геологічні особливості територій, інженерно-планувальні рішення будівель, режим вентиляції помешкань, який в свою чергу визначається особливостями поведінки та устрою життя власників будинку; кліматичні аспекти регіонів.

Встановлено, що основним джерелом надходження ^{222}Rn у повітря будівель є підлеглий ґрунт. Проте, геологічні особливості території визначають лише ймовірність виявлення будівель з високими активностями ^{222}Rn в повітрі. Визначаючі параметри - це архітектурно-планувальні рішення будівель та режим поведінки його мешканців.

З метою визначення оптимального часу та тривалості експозиції радонометрів у деяких населених пунктах проводилися дослідження залежності активності радону від кліматичних аспектів регіонів. Встановлено, що найбільш прийнятним з точки зору контролю гігієнічного регламенту є 30-ти добова експозиція радонометрів в опалювальний сезон.

Вивчення варіабельності активностей радону на протязі року дозволило отримати співвідношення "зима-літо", які склали для центральних регіонів 5-6, для південних - до 11. Ці особливості враховувалися при обчисленні середньорічних ефективних доз опромінення населення країни.

Аналіз активностей радону у повітрі різних типів будівель дозволив відокремити критичні з точки зору доз від ^{222}Rn у повітрі типи будівель.

З метою визначення ступеню радононебезпеки різних регіонів України, проведено більш ніж 9500 вимірювань еквівалентних рівноважних об'ємних

активностей радону (ЕРОА) у повітрі житлових помешкань різного типу. Сукупність вимірювань, згідно з міжнародними вимогами до даного виду досліджень, дозволяє з достатнім ступенем коректності проводити процедуру оптимізації. Середні значення ЕРОА для різних типів будівель наведено у таблиці 1.

Встановлено, що частотний розподіл ЕРОА радону у повітрі житлових помешкань має логнормальний характер. Середнє значення ЕРОА радону для одноповерхових будинків склало $87 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, для першого поверху багатоповерхових будинків - $45 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, для квартир, розташованих вище першого поверху - $24 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. Середньозважені ЕРОА радону по окремих областях України відрізняються від 2 до 5 разів. Аналіз параметрів частотного розподілу встановив, що в 23% обстежених будівель ЕРОА радону в повітрі перевищує діючий норматив для експлуатуємих будівель - $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

Аналіз індивідуальних та колективних ефективних доз (ЕД) опромінення населення.

Обчислення індивідуальних доз опромінення населення різних регіонів України проводилося за методиками та математичними моделями, які рекомендовано Міжнародною комісією з радіологічного захисту (МКРЗ) [ICRP, Publ. 50].

Середньозважені за типами будівель та структурою житлового фонду ЕД опромінення населення України наведено в таблиці 1. Для їх визначення проводилося послідовне усереднення значень індивідуальних ЕД на рівні населених пунктів, далі районів.

Головним критерієм для прийняття рішення в процесі оптимізації протирадіаційного захисту є величини радіаційних ризиків для здоров'я людей, які в свою чергу визначаються величиною колективних ЕД доз опромінення населення окремих регіонів країни.

Для обчислення колективних ЕД опромінення було використано наступні параметри: структура житлового фонду, кількісний та віковий склад населення України, сезонна варіабельність ЕРОА ^{222}Rn у повітрі будівель, а також невизначеність у величинах індивідуальних ЕД опромінення, яка пов'язана з реальними режимами поведінки населення країни, відмінними від середньоєвропейських.

Аналіз параметрів частотного розподілу індивідуальних ЕД доз опромінення довів, що ймовірність перевищення величини $6.4 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$ (відповідає величині нормативу $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ при коефіцієнті рівноваги 0.4) складає для України 19 %. Проте в окремих випадках, ЕД опромінення перевищують $50 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$.

Таблиця 1. Середньовзважені за типами будівель та структурою житлового фонду ефективні дози опромінення населення України та її окремих областей

Область	Середні значення ЕРОА ^{222}Rn , $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$			Середньо- взвжене значення ЕРОА ^{222}Rn , $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$	Середньо- взвжене значення ЕД*, $\text{мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$
	I типу*	II типу*	III типу*		
	Виміряні				
Вінницька	79	38	28	65	4.32
Волинська	19	13	10	16	1.34
Донецька	102	89	34	65	4.34
Житомирська	70	45	26	55	3.76
Запорізька	94	43	24	56	4.54
Івано-Франківська	55	38	20	45	3.14
Київська	54	29	23	34	2.42
Одеська	115	78	34	77	5.05
Полтавська	44	32	23	36	2.57
Рівненська	65	32	20	51	3.49
Сумська	36	18	13	27	2.00
Тернопільська	132	48	33	104	6.74
Черкаська	89	34	25	68	4.54
Чернігівська	38	24	20	32	2.34
Херсонська	156	106	34	111	7.14
	Обчислені				
Дніпропетровська	89	39	25	50	3.42
Закарпатська	63	36	20	53	3.59
Миколаївська	83	48	25	58	3.90
Луганська	102	89	34	69	4.57
Львівська	36	18	13	25	1.90
Кіровоградська	102	89	34	81	5.30
Кримська	102	89	34	68	4.50
Чернівецька	55	38	20	45	3.10
Харківська	83	48	24	50	3.44
Хмельницька	75	49	30	61	4.07
Україна					3.8

ПРИМІТКИ: * I тип - одноповерхові будинки; II тип - перший поверх багатоповерхових будівель; III тип - приміщення розташовані вище першого

поверху багатоповерхових будівель; ** ЕД - ефективна річна доза опромінення.

У таблиці 2 наведені величини колективних ЕД опромінення та величини можливої шкоди для здоров'я населення України, яких було обчислено на підставі реальних режимів поведінки та режимів поведінки, яких було рекомендовано МКРЗ.

Аналіз колективних ЕД опромінення виявив їх залежність від суперпозиції трьох факторів: демографічної ситуації в регіоні, його економічної спрямованості (режими поведінки населення) та структури житлового фонду.

Наукове обґрунтування оптимальних напрямків протирадіаційного захисту населення від ^{222}Rn .

Теорія системи радіаційного захисту базується на трьох принципах:

- нормування, яке встановлює контроль ризиків у випадку потенційних опромінювань та спрямований на те, щоб ні одна опромінена людина не підлягала ризику, визнаному неприпустимим;

- оптимізації, яка передбачає пошук найбільш ефективної системи контрзаходів та дозволяє звести до мінімуму можливі радіаційні ризики для здоров'я людей;

- обґрунтування системи профілактичних заходів, які могли б забезпечити перевищення користі для об'єкта опромінення над завданою йому шкодою, з врахуванням соціальних наслідків та економічних збитків на реалізацію "дій" по зменшенню впливу даного фактора.

Гігієнічні регламенти, які обмежують активність ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань, було затверджено Міністерством охорони здоров'я України у 1991 році, та впроваджено у Республіканських будівельних нормах радіаційної безпеки [РБН 356-91].

Відповідно нормативу, середньорічні ЕРОА ^{222}Rn у повітрі існуючих будівель не повинні перевищувати $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а у будівлях, які здаються в експлуатацію, - $50 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. Основним моментом при визначенні підходу до оцінки й контролю впливу ЕРОА ^{222}Rn у повітрі приміщень є поділ ситуацій на існуючі та майбутні. Крім цього, на відміну від штучних джерел іонізуючого випромінювання, де діє система обмеження доз опромінення, при нормуванні природної радіоактивності введено так звані "рівні

втручання” (величина активності радіонукліда для ^{222}Rn у повітрі будівель та величина запобігнутої дози опромінення).

Таблиця 2. Величини ймовірної шкоди для здоров'я населення України від радону в повітрі житлових помешкань (випадків на рік) .

Область	Реальні режими поведінки			“Стандартні” режими поведінки*		
	КЕД**, люд.Зв.рік ⁻¹	Шкода загальна***	Летальні випад.	КЕД**, люд.Зв.рік ⁻¹	Шкода загальна***	Летальні випад.
Республіка Крим	16894.9	1233	845	13654.9	997	683
Вінницька	5584.3	408	279	9322.0	681	466
Волинська	1305.0	95	65	1986.4	145	99
Дніпропетровська	10291.1	751	515	16057.4	1172	803
Донецька	30185.0	2204	1509	23695.0	1730	1185
Житомирська	3963.3	289	198	6495.5	474	325
Закарпатська	3393.0	248	170	5718.6	417	286
Запорізька	10385.7	758	519	8162.6	596	408
Івано-Франківська	3354.1	245	168	5504.7	402	275
Київська	4241.3	310	212	6867.3	501	343
Кіровоградська	4347.9	317	217	7234.0	528	362
Луганська	8742.5	638	437	14124.8	1031	706
Львівська	4330.9	316	217	6744.2	492	337
Миколаївська	7076.2	517	354	5621.4	410	281
Одеська	17948.0	1310	897	14567.5	1063	728
Полтавська	3518.7	257	176	5680.4	415	284
Рівненська	2933.4	214	147	4786.7	349	239
Сумська	2195.1	160	110	3430.8	250	172
Тернопільська	5152.5	376	258	8706.5	636	435
Харківська	7571.9	553	379	12144.7	887	607
Херсонська	10982.9	802	549	9013.8	658	451
Хмельницька	4412.3	322	221	7298.8	533	365
Черкаська	4460.2	326	223	7397.9	540	370
Чернівецька	2189.2	160	109	3606.4	263	180
Чернігівська	2507.7	183	125	4020.4	293	201
Україна	177966.8	12992	8898	211842.5	15465	10592

ПРИМІТКИ:

* рекомендовані Міжнародної комісією з радіологічного захисту

** колективна ефективна доза

*** кількість випадків втрати працездатності населення, з врахуванням летальних випадків

Наступним етапом спрямованих дій є оптимізація системи контролю ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань, яка включає: визначення найбільш

радоннебезпечних з позиції колективних ЕД опромінення регіонів та перерозподіл засобів вимірювання активностей ^{222}Rn у повітрі між службами радіаційного контролю з метою швидкого виявлення найбільш несприятливих за цим фактором будівель.

У таблиці 3 наведені середньовзважені за областями значення ЕРОА ^{222}Rn у повітрі будівель, де зафіксовано перевищення гігієнічного регламенту. Зазначено також відсоток таких будинків та величина колективних ЕД опромінення мешканців цих будинків.

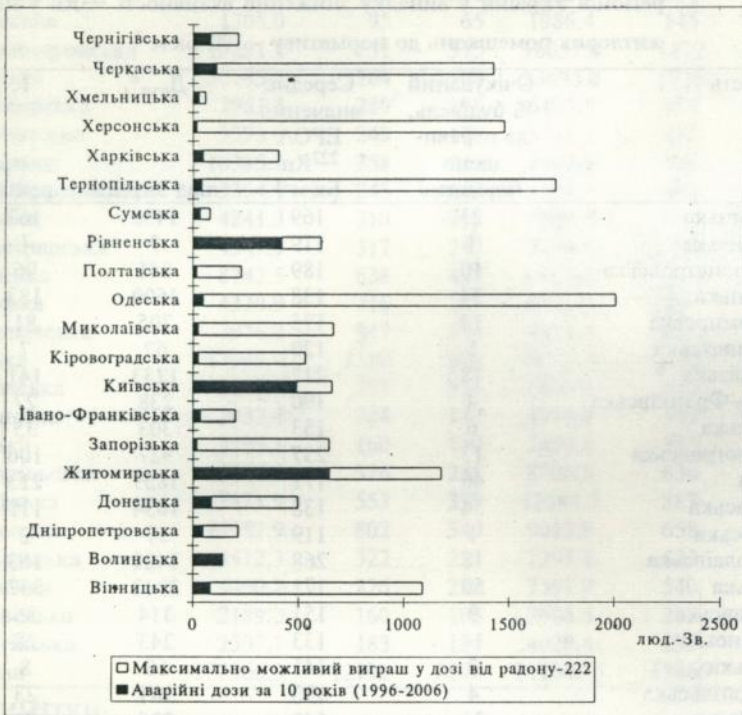
Таблиця 3. Оцінка кількості збережених років життя (Т) населення різних регіонів України у випадку зниження активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань до нормативу - $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$

Область	Очікуваний % будівель, де переви- щено норматив	Середнє значення ЕРОА ^{222}Rn $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$	$D_{\text{кэл}}^*$, люд.Зв.рік $^{-1}$	T, років
Вінницька	23	169	1456	167
Волинська	1	119	9	1
Дніпропетровська	10	189	841	96
Донецька	34	138	1600	183
Житомирська	14	175	705	81
Закарпатська	5	120	62	7
Запорізька	18	217	1233	141
Івано-Франківська	4	190	238	27
Київська	6	153	303	35
Кіровоградська	13	237	927	106
Крим	40	171	1859	213
Луганська	34	138	1034	119
Львівська	1	119	17	2
Миколаївська	18	268	1420	163
Одеська	50	171	2942	337
Полтавська	9	151	314	36
Рівненська	14	133	243	28
Сумська	3	141	68	8
Тернопільська	4	190	201	23
Харківська	20	143	725	83
Херсонська	53	191	2330	267
Хмельницька	9	107	42	5
Черкаська	39	178	2083	239
Чернігівська	5	170	220	25
Чернівецька	9	107	27	3
Україна			20899	2395

ПРИМІТКА: * Збережена колективна доза при умові приведення всіх будівель у відповідність до нормативу $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

Для розрахунку ефективності контрзаходів, при зниженні ЕРОА ^{222}Rn у повітрі житлових будівель до рівня $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, було визначено величину, на яку зменшиться колективна ЕД опромінення при умові проведення протирадонових заходів. Поряд з критерієм “максимальна колективна ЕД від ^{222}Rn ”, враховувалась і регіональна величина колективних “чорнобильських” ЕД - елемент сумарної дози опромінення, яку розумно зменьшувати за рахунок радону.

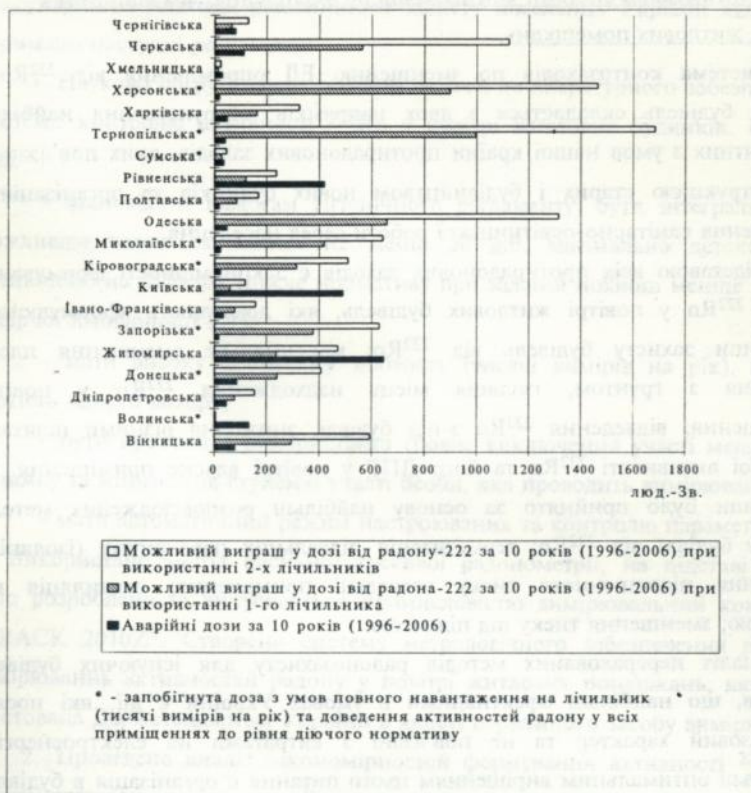
На малюнку 1 наведені прогнозні колективні “чорнобильські” ЕД опромінення населення найбільш постраждалих регіонів країни та величини можливого їх зменшення за рахунок ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань.



Мал. 1. Прогнозні колективні ЕД опромінення населення регіонів, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС (1996-2000)

Зважаючи на економічні труднощі щодо забезпечення регіонів необхідними приладами, доцільно на першому етапі обмежитися двома - трьома приладами на регіон. Це дозволить зняти напруженість проблеми

вже на протязі найближчих років. Ефективність розподілу засобів вимірювання на рівні областей наведено на малюнку 2.



Мал. 2. Порівняльна оцінка можливого зниження колективних ЕД опромінення населення різних регіонів від радону та очікуваних "аварійних" доз за період 1996-2006 років

При оптимізації моніторингу враховувано, що пропускна здатність одного вимірювального комплексу складає близько 10000 вимірів на рік, тобто кількість обстежених будинків може скласти близько 10000 з експозицією радонometrів на менше місяця. Найбільш ефективним з точки зору зменшення колективних ЕД опромінення є першочергове обстеження одноповерхових будівель - критичних за рівнями вмісту ^{222}Rn у повітрі. У

цьому разі ефект зменшення колективних ЕД опромінення буде досягнутий в коротші строки.

Оптимізація системи контрзаходів по зменшенню доз від ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань.

Система контрзаходів по зменшенню ЕД опромінення від ^{222}Rn у повітрі будівель складається з двох напрямків: обґрунтування найбільш прийнятних з умов нашої країни протирадонових заходів, яких пов'язано з реконструкцією старих і будівництвом нових будинків та організацію і проведення санітарно-освітницької роботи серед населення.

Підставою всіх протирадонових заходів є закономірності формування ЕРОА ^{222}Rn у повітрі житлових будівель, які дозволяють сформулювати принципи захисту будівель від ^{222}Rn : максимальне зменшення площі стикання з ґрунтом, ізоляція місць надходження ^{222}Rn у повітря приміщення; відведення ^{222}Rn з-під будівлі, зниження різними шляхами об'ємної активності ^{222}Rn та його ДПР у повітрі власне приміщення. Ці принципи було прийнято за основу найбільш розповсюджених методів захисту будівлі від ^{222}Rn : герметизація підвальних перекриттів (ізоляція); створення підвищеного тиску всередині приміщення; вентиляція під підлогою; зменшення тиску під підлогою.

Аналіз перерахованих методів радонозахисту для існуючих будівель показав, що найбільш ефективними в умовах України є дії, які носять одноразовий характер та не пов'язані з витратами на електроенергію. Найбільш оптимальним вирішенням цього питання є організація в будівлях простору під підлогою, який буде провітрюватись. Дане запитання вимагає додаткових досліджень і експериментального випробування.

При розв'язанні проблеми майбутніх ситуацій, реалізація протирадонових заходів повинна проводитися на етапі проектування і охоплювати вибір та підготовку ділянки під будівництво, розробку нових архітектурно-планувальних рішень та систем вентиляції приміщень.

Не менш важливою частиною системи профілактичних заходів по зменшенню доз опромінення є санітарно-освітницька робота серед населення, включення до курсу шкільної програми початкових знань про проблему радону в повітрі житлових помешкань та протирадіаційний захист.

ВИСНОВКИ.

За підсумками досліджень та відповідно мети роботи, наукового обґрунтування системи радіаційного захисту населення України від ^{222}Rn , отримано наступні результати:

1. Науково обґрунтовано технічні вимоги до апаратного забезпечення системи контролю активності ^{222}Rn у повітрі житлових будинків. Прилад має:

- відповідати вимогам гігієнічного регламенту: бути інтегральним з можливим часом експозиції не менш 30 діб, мінімально детектуємою активністю на порядок нижче нормативу при заданій похибці менше 30% та довірчої ймовірності 0.95;

- мати високу пропускну здатність (тисячі вимірів на рік), низьку вартість одного виміру;

- бути простим у використанні (повне виключення участі мешканців будинку та мінімізація ступеню участі особи, яка проводить вимірювання);

- мати автоматичний режим настроювання та контролю параметрів.

Використано метод пасивної трекової радонометрії, на підставі якого було розроблено та випускається промисловістю вимірювальний комплекс "TRACK 2010Z". Створено систему метрологічного забезпечення робіт з вимірювань активностей радону у повітрі житлових помешкань, яка була атестована Держстандартом України в якості первинного засобу вимірювань.

2. Проведено аналіз закономірностей формування активності ^{222}Rn у повітрі житлових помешкань. Встановлено, що:

- найбільші значення активностей радону фіксуються у одноповерхових будівлях сільського типу (середньовзвжене значення ЕРОА ^{222}Rn - $87 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$) та на першому поверсі багатопверхових будівель ($45 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$), найнижчі - у приміщеннях, розташованих вище першого поверху ($24 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$), в залежності від геологічних аспектів території, архітектурно-планувальних рішень будівель, складу сім'ї, віку її членів та їх устрою життя;

- варіабельність активностей ^{222}Rn у повітрі конкретної будівлі протягом року може складати до двох порядків і змінюватись на порядок протягом доби; середньорічні активності в одному населеному пункті можуть відрізнитися на два порядки; це вимагає планування проведення вимірювань у кожному будинку при першочерговому обстеженні

одноповерхових будинків; при обстеженні багатоповерхових будівель, в першу чергу необхідно обстежити перший поверх; в квартирах, розташованих вище першого поверху, повинно бути проведено декілька контрольних вимірювань;

- коливання активностей радону у повітрі тієї ж самої будівлі взимку та влітку може складати від 5 до 11 разів для різних кліматичних регіонів, тому оптимальним часом вимірювання ЕРОА радону, за величиною формуємої дози, є опалювальний сезон (жовтень- квітень).

3. Виявлено найбільш радононебезпечні регіони України до яких відносяться слідуючі області: Одеська, Херсонська, Донецька, Вінницька. Результати обстеження більш, ніж 9500 житлових будівель у різних регіонах країни встановили, що в середньому 23% обстежених будівель не відповідає затвердженому Міністерством охорони здоров'я нормативу у $100 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

4. Аналіз доз опромінення з'ясував, що середньозважена індивідуальна ЕД опромінення населення країни від ^{222}Rn та його дочірніх продуктів розпаду склала $3.8 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$, тобто біля 78% сумарної дози опромінення від джерел природної радіоактивності. В окремих випадках індивідуальні ЕД опромінення складають більше $50 \text{ мЗв}\cdot\text{рік}^{-1}$.

Колективна ЕД від ^{222}Rn для жителів України склала $177966.8 \text{ люд}\cdot\text{Зв}\cdot\text{рік}^{-1}$, прогнозуєма кількість летальних випадків від захворювань на рак склала 10592 випадки на рік.

5. Оптимізація системи контролю активностей ^{222}Rn у повітрі приміщень довела, що приведення житлового фонду країни у відповідність діючим нормативам вмісту ^{222}Rn у повітрі дає можливість зменшити колективну дозу на 20-21 тис.люд.-Зв., що відповідає запобіганню втрати 2400 люд.-років. Це може бути реалізовано при роботі 132 приладів у службі практичного контролю протягом 10 років, чи за 5 років при збільшенні кількості приладів у двічі.

6. Для забруднених аварійними викидами територій Волинської, Житомирської, Київської та Рівненської областей - відносно благополучних за величиною активностей ^{222}Rn у житлових помешканнях - зменшення ^{222}Rn у повітрі не завжди дає повну компенсацію "чорнобильської" дози. Сукупність реального комплексу заходів з ліквідації наслідків аварії на

ЧАЭС для цих регіонів повинно поєднуватися з протирадоновими заходами та врахуванням економічних витрат на одиницю запобігнутої дози.

7. В умовах України найбільш ефективними є протирадонові заходи, які мають одноразовий характер, не пов'язані з енергетичними витратами (привітрювання простору під підлогою, герметизація житлових приміщень від ґрунту під ними).

Ефективним засобом є також організація санітарно-освітницької роботи серед населення.

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лось И.П., Зеленский А.В., Бузынный М.Г., Павленко Т.А., Горицкий А.В., Федосенко Г.В. Уровни облучения населения Украины за счет природных источников радиоактивности // Авария на ЧАЭС: Радиационный мониторинг, клинические проблемы, соц.-психол. аспекты, малые дозы ионизирующего излучения. Информ. бюллетень - К., 1992. - Т. 1. - С. 231 - 253.

2. Зеленский А.В., Павленко Т.А., Григораш В.В. Колебания концентраций радона в жилых помещениях // Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии Чернобыльской АЭС: Тез. докл. укр. науч.-практ. конф. 21-23 апреля 1992- К., 1992. - 88 с.

3. Зеленский А.В., Лось И.П., Павленко Т.А. Уровни радона в жилых помещениях Украины // Проблемы радиац. Медицины: Респ. межвед. сб./ МЗ Украины; НЦРМ АМН Украины. - К., 1993. - 94 с.

4. Zelensky A.V., Los I.P., Pavlenko T.A. Radon levels in dwellings of Ukraine // Solid State Nuclear Track Detectors and Their Applications II Intern. Workshop, Dubna, 24-26 March 1992 - Dubna, 1993. - P. 152-156.

5. Акименко В.Я., Ярыгин А.В., Григораш В.В., Павленко Т.А. Гигиеническая оценка бытового электростатического воздухоочистителя как средства снижения дозовой нагрузки от радона в жилище // Гигиена физиологических факторов окружающей и производственной среды. Материалы Междуна. симпозиума, Киев, 16-18 ноября 1993, - К., 1993. - 79 с.

6. Зеленский А.В., Павленко Т.А., Григораш В.В. Прогноз доз облучения и оценка эффективности переселения населения, пострадавшего от аварии на ЧАЭС // Радиационно-экологические и мед. аспекты последствий аварии на Чернобыльской АЭС: Тез. докл. Междунар. науч. конф. - К., 1993. - 27 с.

7. Павленко Т.А. Закономерности формирования уровней радона в жилых помещениях // Рад.-экологические и мед. аспекты последствий аварии на ЧАЭС: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. - К., 1993. - С. 43-44.

8. Лось И.П., Бузынный М.Г., Григораш В.В., Зеленский А.В., Комариков И.Ю., Михайлов А.В., Павленко Т.А., Федосенко Г.В. Проблемы дозиметрического сопровождения эпидемиологических работ по изучению последствий аварии на Чернобыльской АЭС на здоровье населения // Проблемы радиац. Эпидемиологии мед. Последствий аварии на ЧАЭС: Материалы науч. конф., Киев, 19-20 окт. 1993 г., с междунар. участием. - К., 1993. - С. 116-121.

9. Pavlenko T.A., Los I.P. Ukrainian Population Irradiation Doses from ^{222}Rn // Solid State Nuclear Track Detectors and Their Applications, 17 Intern. Conference. Book of abstracts, Dubna, 24-28 August 1994 - Dubna, 1994. - P. 243.

10. I.P.Los, I.A. Likh tarev, V.N. Korzun, V.S. Repin, G.V. Fedosenko, I.Yu. Komarikov, M.G. Buzinny, A.V. Zelensky, T.A. Pavlenko, D.V. Novak, A.V. Mikhailov Irradiation doses as a result of the Chernobyl NPP accident and from other sources // Assessment of the Health and Environmental Impact from Radiation Doses due to Released Radionuclides: Proceedings of the International Workshop, January 18-20, 1994 - Chiba, 1994 - P. 91-100

11. A.V. Goritsky, A.V. Zelensky, T.A. Pavlenko and oth. Natural Radioactivity: Irradiation Doses for Ukrainian Population and Basic Directions of Their Decrease // Assessment of the Health and Environmental Impact from Radiation Doses due to Released Radionuclides: Proceedings of the International Workshop, January 18-20, 1994 - Chiba, 1994 - P. 119 -127.

12. Дози опромінення населення України джерелами природної радіоактивності / Лось І.П., Павленко Т.А., Бузинний М.Г. та інші // Радіаційна безпека в Україні, Бюлетень НКРЗУ, Київ, 1994 - №1, - С. 26-29.

13. T.A. Pavlenko, I.P. Los Indoor ^{222}Rn levels and irradiation doses on the territory of Ukraine // Radiation Measurements - Vol. 25 - N 1-4 - P. 595-600.

14. T.A. Pavlenko, I.P. Los, N.V. Aksenov Efficiency Assessment of Relocation as a Countermeasure to Diminish Irradiation Doses of the "Chernobyl" Population for Ukraine // Radiation Measurements - Vol. 25 - N 1-4 - P. 415-416.

15. I. Los, M. Buzinny, T. Pavlenko Radon Studies in the Ukraine: Results and Plans of the Future Research // Annales de l'Association belge de Radioprotection - Vol. 21 - N 1 - 1996 - P. 131-143.

16. Т.А. Павленко Традиції проти радіації // "Фазенда". 1996. №7 - 2 с.

17. T.A. Pavlenko, I.P. Los, N.V. Aksenov Irradiation Doses from Indoor ^{222}Rn on the territory of Ukraine and Basic Directions of their decrease // Solid State Nuclear Track Detectors and Their Applications, 18 Intern. Conference. Book of abstracts, Cairo, 1-5 September 1996 - Cairo, 1996. - P. 14.

ABSTRACT.

Pavlenko T.A. Scientific Establishment of the Radiation Protection System against Radon-222 for Ukrainian Population. Dissertation to be awarded scientific degree of candidate of technical science on speciality 05.26.05. - engineering ecology, National technical university of Ukraine, Kiev politechnical institute.

The main results of the dissertation have been published in 17 papers which include description of the scientific establishment of the radiation protection against radon-222 for the population of the Ukraine. The dissertation includes scientific basing of the technical requirements to the apparatus support of the control over ^{222}Rn activity in air of living premises. The description of the system of quality assurance for measurements of ^{222}Rn activity in air. The scientific basing of methodical ways and conditions of measuring ^{222}Rn activity in air of living premises for the practical control services. The results of investigating the residential fund of the Ukraine for determining radon content in air. Analysis of the individual and collective effective exposure doses and radiation risks of the population. It is given the optimisation of the system of control over ^{222}Rn activity in air of living premises and it is grounded the most acceptable for the Ukraine measures against radon.

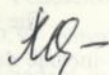
АННОТАЦИЯ.

Павленко Т.А. Научное обоснование системы радиационной защиты населения Украины от радона-222. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.05 - инженерная экология, Национальный технический университет Украины, Киевский политехнический институт.

Защищается диссертационная работа, основные результаты которой опубликованы в 17 работах, которая содержит изложение научного обоснования системы радиационной защиты населения страны от радона-222.

Работа включает научное обоснование технических требования к аппаратурному обеспечению системы контроля активности ^{222}Rn в воздухе жилых зданий. Описание системы гарантий качества измерений активности ^{222}Rn в воздухе. Научное обоснование методических приемов и условий измерений активности ^{222}Rn в воздухе жилых помещений для практических служб контроля. Результаты обследования жилого фонда Украины на содержание радона в воздухе. Анализ индивидуальных и коллективных эффективных доз облучения и радиационных рисков населения. Приведена оптимизация системы контроля активности ^{222}Rn в воздухе жилых помещений и обоснованы наиболее приемлемые для Украины противорадоновые мероприятия.

Ключові слова: радон-222, помешкання, вимірювання, доза опроміннення, оптимізація, радіаційний захист.



КОС, 1996 г.
Замов. 1393 - 100.

110310

AB 35.929