

Діденко П.І.¹, Макаренко М.М.², Бузинний М.Г.³, Романченко М.О.³

¹Інститут геохімії навколишнього середовища

²Казенне підприємство «Кіровгеологія»

³Інститут гігієни і медичної екології АМН України

ВАРІАЦІЇ ОБ'ЄМНОЇ АКТИВНОСТІ РАДОНУ В ҐРУНТІ НА ПЕЧЕРСЬКОМУ ПОЛІГОНІ М. КИЄВА

Наведено результати досліджень варіацій об'ємної активності радону в ґрунті на території Печерського полігону, яка вимірювалась з допомогою сучасних приладів рідинно-сцинтиляційного лічення (стаціонарний спектрометр Quantulus 1220™ і портативний спектрометр Triather). Варіації об'ємної активності радону залежать від геологічної будови полігону і метеорологічних умов.

Вступ

В літературі багато статей і монографій, присвячених проблемі радону [1 – 5]. За даними Наукового комітету по дії атомної радіації при Організації об'єднаних націй радон створює близько половини дози опромінювання населення від природних джерел іонізуючого випромінювання [6, 7]. Аналіз, проведений Комітетом по оцінці ризику здоров'ю при опромінюванні радоном Національної Академії наук США (BEIR VI), показав, що від 10 до 14 % випадків раку легенів обумовлено опромінюванням населення радоном [3].

Серйозна ситуація, пов'язана з опромінюванням населення радоном, не могла не привернути уваги з боку фахівців радіаційної безпеки. З цією метою було проведено масові обстеження будівель для визначення рівнів опромінювання радоном населення і епідеміологічні дослідження для виявлення кількісного зв'язку опромінювання радоном з виникнення раку легенів.

Варіації об'ємної активності радону в будівлях залежать від об'ємної активності радону в ґрунті і визначаються відношенням конвективного і дифузійного механізмів радону [8].

Методика радіоекологічних досліджень

Методи і апаратура вимірювання об'ємної активності радону діляться на миттєві і інтегруючі. Вибіркові моніторингові обстеження проводять за допомогою пасивних вугільно-адсорбційних і трекових камер. Поєднанню експресності вимірювань та їх усе-реднення задовольняє вугільно-адсорбційний метод [9].

Вимірювання об'ємної активності радону в ґрунті проводили на приладах рідинно-сцинтиляційного лічення (стаціонарний спектрометр Quantulus 1220™ і портативний спектрометр Triather), які обладнані схемою роздільної реєстрації α - і β -випромінювання [9, 10].

Альфа-випромінювання радону в приладах реєструється за допомогою рідинно-сцинтиляційного детектора. Енергія випромінювання радону витрачається на іонізацію молекул толуолу, з яких 10 % виникають в результаті переходів π -електронів в збуджені π -стани, а 90 % — в результаті переходів σ -електронів в збуджені σ -стани. Ефективність реєстрації α -частинок радону для тефлонових пляшечок, покритих термопластичним сцинтилятором Meltilex™, становить 178 %. Для сцинтиляційних камер Лукаса ефективність реєстрації α -частинок радону така, як і для тефлонових пляшечок.

Для відбору проб повітря з ґрунту вибрана процедура з можливістю відбору проб від 15 до декількох десятків. Відбір проб здійснюється декількома засобами, які передбачають різну методику вимірювання α -активності: 1) на місці відбору; 2) в лабораторії. Повітря з ґрунту відбирається за допомогою тонкої сталеві трубки (діаметр — 22 мм) і кульки з гострим наконечником. Кульку забивають в ґрунт, а потім виштовхують з трубки, утворюючи порожнину, з якої викачують повітря за допомогою шприца. Внутрішня площа поверхні порожнини — 940 мм² (висота — 30 мм, діаметр — 10 мм). При відборі перша порція повітря не використовується. Ґрунтове повітря закачується в спеціальну

сцинтиляційну пляшечку, стінки якої і дно всередині покриті термопластичним сцинтиляційним матеріалом Meltilex™. Альфа-активність радону вимірюється після того як порція повітря з ґрунту продувається через пляшечку і зрівноважується. Об'єм пляшечки складає – 22 мл³. Пляшечки виглядають як камери Лукаса; вони проходять чергові тестування на пряме вимірювання α -активності радону.

Інший підхід альфа-вимірювання в 10 разів більш чутливий. Пасткою для радону служить скляний барботер, заповнений 20 мл коктейлю на основі толуолу. Коктейль після відбору проби переноситься до пластикової пляшечки. Порція ґрунтового повітря, яка заповнює шприц об'ємом 150 мл³, продувається через пляшечку або через барботер-пастку. Співвідношення об'ємів складають 150:22 і 150:100. Необхідний для продування час складає 1–2 секунди для пляшечки і 3–5 секунд для барботера. Для підвищення надійності результатів в барботері проводять продування послідовно трьох об'ємів повітря шприца. Поглинання радону в толуоловій пастці залежить від об'єму і геометрії барботера, від часу контакту повітря з коктейлем, а також від параметрів ґрунту: температура, тиск, вологість та ін. Цей метод потребує калібрування проб, які готують засобом барботера (15 і більше), додають 1–3 проби, які вимірюють в камері Лукаса, покритій всередині сцинтилятором Meltilex™ у відповідності до прямого вимірювання радону. Проби ґрунтового повітря для калібрування відбирають у парі – камера Лукаса і барботер з толуоловою пасткою з однієї трубки послідовно одна за однією.

Беручи до уваги ефективність реєстрації і виходячи з мінімальної кількості ґрунтового повітря для відбору проб, можна отримати швидкість реєстрації 2,4 імп./хв. (срм) – для прямого вимірювання в пляшечці, покритій сцинтилятором Meltilex™; 24 імп./хв. (срм) – для радонової проби, відібраної в барботері з толуолом, а потім вимірюваної в пластиковій пляшечці.

Миттєві вимірювання об'ємної активності радону в ґрунті проводились з використанням радіометра альфа-активних газів РГА-01 «Гліцинія» [5].

На рис. 1 представлено профіль об'ємної активності радону, отриманий з допомогою миттєвого і експозиційного методів. Об'ємна активність радону в ґрунті вимірювалася на Печерському полігоні – профіль (пункти 188 – 204 на рис. 2).

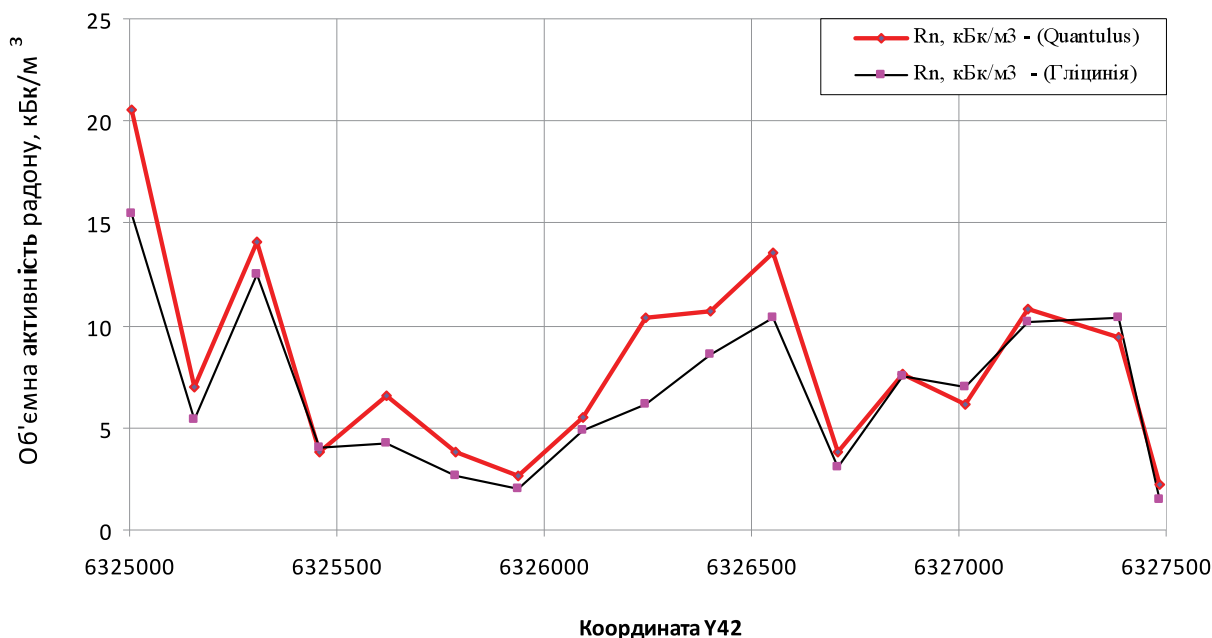


Рис. 1. Профілі об'ємної активності радону в ґрунті, отримані за допомогою миттєвого і експозиційного методів.

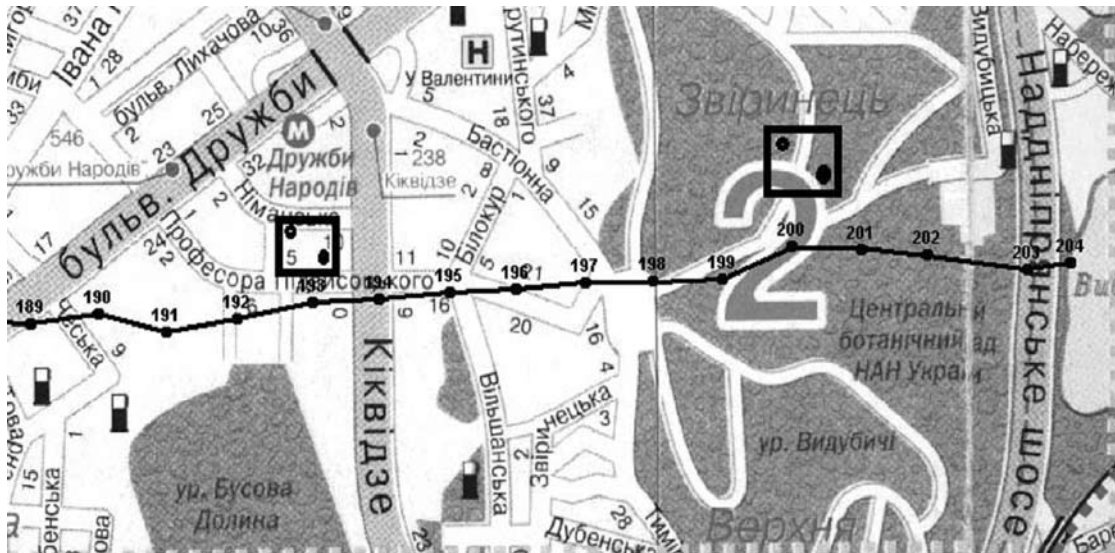


Рис. 2. Фрагмент придніпровської частини Печерського району м. Києва (188 – 204 пункти спостереження на Печерському полігоні).

Як видно з рис. 1, порівняння показань двох приладів, що відрізняються між собою засобами реєстрації, дає змогу уточнювати об'ємну активність радону в ґрунті. Для реєстрації альфа-випромінювання можна використовувати обидва засоби, але експозиційний з них більш чутливий.

Результати радіоекологічного дослідження на Печерському полігоні і їх обговорення

На основі результатів еманційної зйомки на Печерському полігоні (вул. Саперно-Слобідська — р. Дніпро і на захід від нього) пройдено профіль об'ємної активності радону, де виявлено варіації об'ємної активності радону в діапазоні: 2 000 – 32 000 Бк/м³ (рис. 3–5).

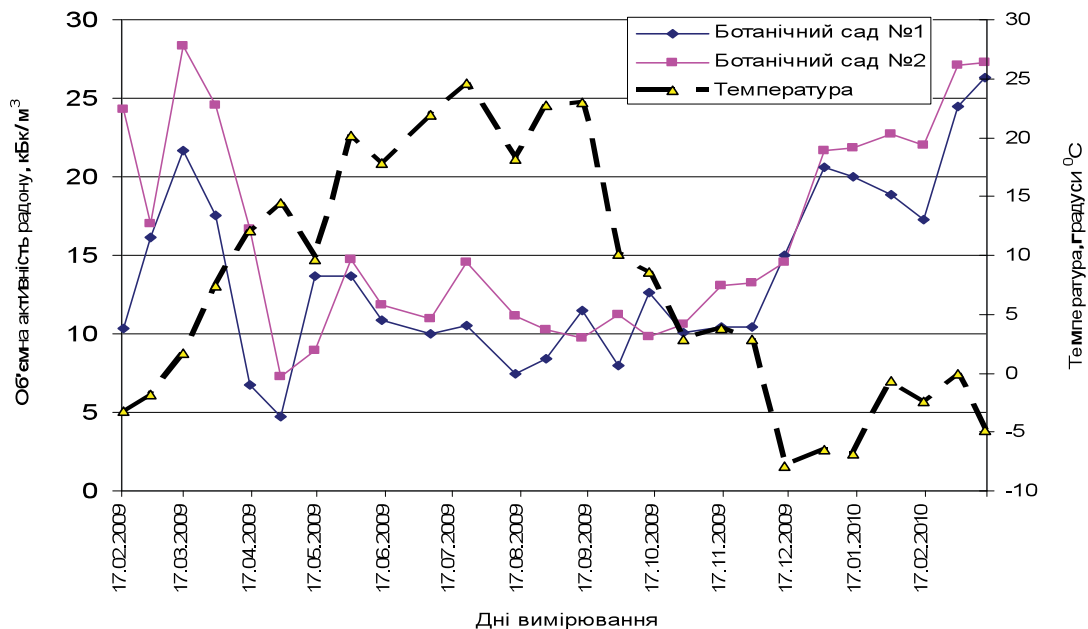


Рис. 3. Варіації об'ємної активності радону в ґрунті на Печерському полігоні (Ботанічний сад) в залежності від температури атмосфери.

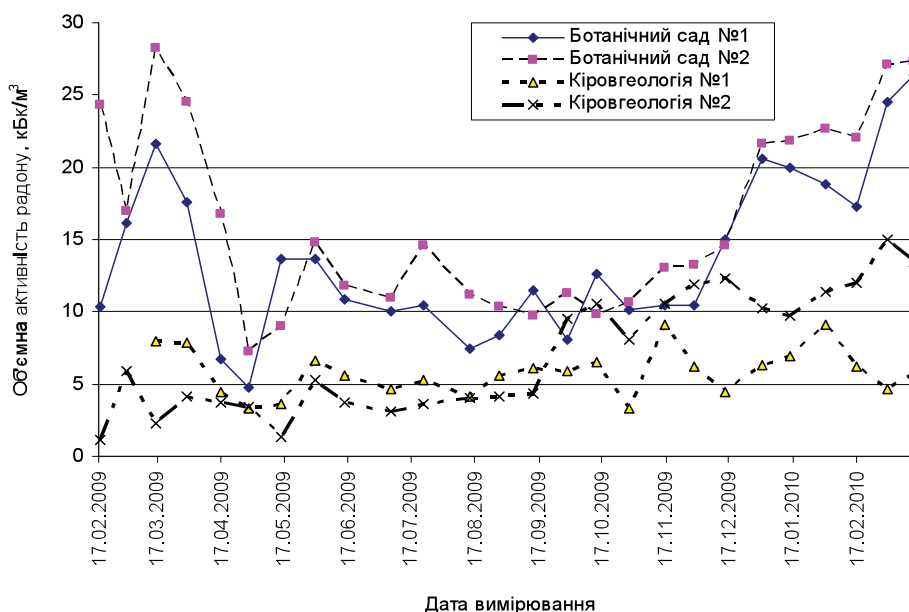


Рис. 4. Варіації об'ємної активності радону в ґрунті на Печерському полігоні.

Територія полігону поділена на дві частини:

- східна — від Наддніпрянського шосе і 500 м у західному напрямку — характеризується високою об'ємною активністю радону;
- центрально-західна частина території полігону — між вулицями Кіквідзе, Німанською і Підвисоцького — відрізняється підвищеною об'ємною активністю радону. Ця територія перетинається зоною північно-західного простягання.

В табл. 1 і на рис. 4 наведено співставлення результатів вимірювань об'ємної активності радону в ґрунті на полігоні (кореляційний зв'язок між об'ємною активністю радону в ґрунті і метеорологічними умовами наведено в табл. 2).

Таблиця 1. Результати досліджень об'ємної активності радону в ґрунті.

Дата відбору проб	Ботанічний сад		Кіровгеологія		Швидкість вітру, м/с	Температура, °С	Вологість, %	Тиск, мм рт.ст.
	№1	№2	№1	№2				
	Активність радону, кБк/м ³							
17.02.2009	10,37	24,31		1,14	4,8	-3,2	82	758
02.03.2009	16,13	17,00		5,94	5,0	-1,9	73	762
16.03.2009	21,66	28,29	7,99	2,31	1,9	1,7	85	768
31.03.2009	17,58	24,55	7,85	4,11	3,1	7,5	88	765
16.04.2009	6,75	16,71	4,41	3,76	3,9	12,1	43	760
30.04.2009	4,71	7,24	3,3	3,39	2,3	14,5	51	757
15.05.2009	13,65	8,97	3,66	1,33	4,3	9,6	64	759
01.06.2009	13,65	14,75	6,61	5,25	2,6	20,2	60	766
15.06.2009	10,84	11,8	5,54	3,71	2,1	17,8	59	765
07.07.2009	3,62	7,04	4,62	3,08	7,7	21,9	55	758
23.07.2009	10,49	14,59	5,23	3,64	2,3	24,6	64	760
14.08.2009	7,42	11,17	4,09	4,07	4,6	18,2	63	760
28.08.2009	8,38	10,30	5,57	4,18	3,1	22,8	64	761
14.09.2009	11,53	9,74	6,14	4,30	3,0	23,0	48	765
30.09.2009	8,02	11,26	5,91	9,52	3,4	10,1	66	758

Дата відбору проб	Ботанічний сад		Кіровгеологія		Швидкість вітру, м/с	Температура, °С	Вологість, %	Тиск, мм рт.ст.
	№1	№2	№1	№2				
	Активність радону, кБк/м ³							
14.10.2009	12,59	9,86	6,49	10,57	4,2	8,6	73	750
30.10.2009	10,11	10,63	3,26	8,07	4,4	2,8	80	767
16.11.2009	10,4	13,07	9,13	10,57	1,7	3,8	94	764
30.11.2009	10,45	13,26	6,21	11,91	2,9	2,9	97	764
15.12.2009	15,00	14,57	4,5	12,31	3,0	-8,0	78	766
02.01.2010	20,63	21,63	6,31	10,27	6,0	-6,5	90	748
15.01.2010	20,01	21,86	6,9	9,70	4,5	-6,9	91	768
01.02.2010	18,85	22,7	9,10	11,4	4,3	-0,6	90	751
16.02.2010	17,27	22,05	6,19	2,01	2,4	-2,4	100	755
03.03.2010	24,51	27,07	4,68	14,96	2,7	-0,1	75	762
16.03.2010	26,34	27,27	5,74	13,46	3,3	-4,9	80	758
03.04.2010	19,30	19,50	7,30	12,00	3,5	1,2	75	755
15.04.2010	21,60	19,30	8,30	3,30	5,0	7,0	85	759
01.05.2010	16,10	12,90	6,00	1,30	4,1	14,8	80	761

Таблиця 2. Параметри кореляційного зв'язку між об'ємною активністю радону і метеорологічним умовами.

Місце спостереження	Середньодобова температура, °С			Середньодобовий тиск атмосферного повітря, мм рт. ст.		
	A	B	R ²	A	B	R ²
Ботанічний сад №1	-0,344	16,227	0,4045	0,6984	522,26	0,4317
Ботанічний сад №2	-0,3938	19,214	0,4003	0,2596	186,06	0,1677
Кіровгеологія №1	-0,0404	6,1344	0,068	0,3394	253,04	0,6918
Кіровгеологія №2	-0,2404	8,8489	0,3617	0,1341	98,217	0,5389

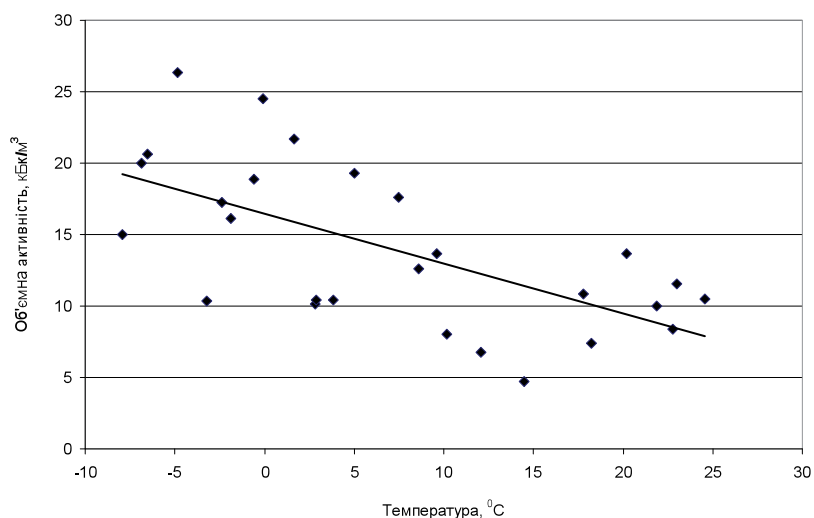


Рис. 5. Сезонні зміни об'ємної активності радону в ґрунті на Печерському полігоні (Ботанічний сад) в залежності від температури атмосфери.

Розломні зони на полігоні впливають на об'ємну активність радону (рис. 4). За 500 м на південь від Печерського мосту проходить розломна зона субмеридіонального північно-західного простягання і знаходиться в межах радоннебезпечної зони. Її осьова лінія проходить за 300 м на схід від ст. Київ-Московський поблизу Печерського мосту і ще далі залягає у північно-східному напрямку на урочище Спаський Яр. Розміри цієї розломної зони — від 100×300 до 300×600 м.

Газопроникність ґрунту впливає на варіації об'ємної активності радону. За перенос радону в ґрунті на полігоні (Кіровгеологія) відповідає дифузія радону. Інтенсивне виділення радону в ґрунті відбувається на полігоні (Ботанічний сад) (рис. 3, 5).

Нагрівання ґрунту сприяє інтенсифікації еманції радону, тоді як підвищення вологості ґрунту або його промерзання перешкоджає виходу радону. Весною відбувається зниження об'ємної активності радону. Наявність на поверхні ґрунту снігу призводить до його водонасичення, схлопування макропор і, відповідно, збільшенню кількості каналів більших розмірів, по яких відбувається перенесення радону з ґрунту до поверхні, що сприяє накопиченню радону [11].

Ґрунт можна розглядати як неоднорідну гетерогенно-блокову структурну систему. Для ґрунту характерний широкий розвиток макропор, крупних вторинних порожнеч і каналів розміром більше 1 мм. Розмір макропор перевищує розміри первинних міжчасткових і міжагрегатних пор, які в піщаних ґрунтах складають долі міліметра, а в глинистих — від 0,25 до 15 мкм. Макропори, порожнечі і канали розміром більше 1 мм широко поширені в поверхневому шарі ґрунту до глибини 30 — 35 см. Розміри макропор з глибиною зменшуються, проте їх загальна кількість залишається незмінною.

Висновки

1. Вимірювання об'ємної активності радону в ґрунті на території Печерського полігону проводились з допомогою нових приладів рідинно-сцинтиляційного лічення (стаціонарний спектрометр Quantulus 1220™ і портативний спектрометр Triather).

2. Вимірювання радону на Печерському полігоні дозволило отримати інформацію про варіації об'ємної активності радону в ґрунті, їх зв'язок з геологічною будовою полігону і метеорологічними умовами.

1. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989. 120 с.
2. Лось И.П. Гигиеническая оценка дозообразующих источников ионизирующих излучений природного и техногенного происхождения и доз облучения населения Украины. // Дис. д-ра биол. наук. — К., 1993. — 402 с.
3. Health effects of exposure to radon. Committee on health risks of exposure to radon (BEIR VI). National Academy Press. Washington, 1999.
4. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 231 с.
5. Комов И.Л., Диденко П.И., Макаренко Н.Н. и др. Основные проблемы радоновой безопасности. — Киев: Логос, 2005, 352 с.
6. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. Доклад НКДАР ООН за 1988 г. М.: Мир, 1992. Т. 1.
7. Sources and effects of ionizing radiation, UNSCEAR 1993. Report to the General assembly with scientific annexes. UN, N.Y., 1993.
8. Robinson A.L. Radon entry into buildings: effects of atmosphere pressure fluctuations and building structural factors. // Ph. D. Thesis. Lawrence Berkeley National Laboratory, 1996. LBNL-34843.
9. Buzinny M. LSC Based Approach for Radon in Soil Gas Measurement // M. Buzinny, V. Sakhno, M. Romanchenko // LSC 2008: Proc. of the Int. Conf. on Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Davos, Switzerland, May 25-30, 2008. [Eds. J. Eikenberg, M. Jagi, and H. Beer]. 2009. — Tucson: Radiocarbon. — P. 7–11.
10. Бузинний М.Г. Метод вимірювання радону в ґрунті на основі РСЛ // Бузинний М.Г., Солодовнікова Л.М. // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія-2008): VI Міжнародна науково-технічна конференція. 14–16 жовтня 2008 р.: Наукові праці. Харків, 2008. Том 2. — С. 250–253.
11. Микляев П.С., Петрова Т.Б. Основные факторы, определяющие поступление радона с поверхности почвы в атмосферу. // АНРИ, 2009, № 4. С. 32–45.

Диденко П.И., Макаренко Н.Н., Бузинный, М.Г. Романченко М.А. ВАРИАЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ГРУНТЕ НА ПЕЧЕРСКОМ ПОЛИГОНЕ г. КИЕВА

Приведены результаты исследований вариаций объемной активности радона в грунте на территории Печерского полигона, измеренной с применением современных приборов жидко-сцинтилляционного счета (стационарный спектрометр Quantulus 1220™ и портативный спектрометр Triather). Вариации объемной активности радона зависят от геологического строения полигона и метеорологических условий.

Didenko P.I., Makarenko N.N., Buzinnyi M.G., Romanchenko M.A. VARIATIONS OF VOLUMETRIC ACTIVITY OF RADON IN SOIL ON PECHERSK TESTING GROUND OF KYIV

The article presents the results of study of variations of volumetric activity of radon in soil on territory of the Pechersk testing ground, measured by modern equipments for liquid scintillation counting (stationary spectrometer Quantulus 1220™ and portable spectrometer Triather). The variations of volumetric activity of radon depend on geological structure of the testing ground and meteorological conditions.