

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГУСТИНИ ПОТОКУ РАДОНУ З БУДІВЕЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ РІЗНИХ ВІДІВ**

В. В. Остапчук

студент 1 курсу, група АУТП-31інт, навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

Наукові керівники – старший викладач О. О. Лебедь, к. пед. н., доцент А. В. Рибалко

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Представлені результати досліджень густини потоку радону з будівельних матеріалів різних типів (цегла, гіпсобетон, залізобетон, дерево, пісок тощо), які використовуються для спорудження будинків в Рівненській області. Визначено ступінь радононебезпечності даних будівельних матеріалів.

Ключові слова: густина потоку радону, ексхаляція, будівельні матеріали, питома активність.

Представлены результаты исследований плотности потока радона из строительных материалов различных типов (кирпич, гипсобетон, железобетон, дерево, песок и т.п.), которые используются для строительства домов в Ровенской области. Определена степень радионапасности данных строительных материалов.

Ключевые слова: плотность потока радона, експирация, строительные материалы, удельная активность.

The results of investigations of radon flow density from construction materials of various types (brick, gypsum concrete, reinforced concrete, wood, sand, etc.), which are used for the construction of houses in the Rivne region, are presented. Determined degree of radon danger of these building materials.

Keywords: radon flow density, exhalation, building materials, wall coverings, specific activity.

При обґрунтуванні допустимого вмісту природних радіонуклідів в будівельних матеріалах та виробах, які використовувалися в сучасному будівництві житла та для внутрішнього облицювання приміщень будівель, ці вироби розглядаються як джерело додаткового опромінення населення за рахунок, перш за все, гамма-випромінювання природних радіонуклідів, які входять до складу цих матеріалів та виробів. Майже не звертається увага на альфа-опромінення ізотопами радону та його дочірніми продуктами розпаду, які виділяються з матеріалів та виробів в повітря приміщень шляхом ексхаляції [1-3]. Разом з тим радон вносить більше половини середньорічної ефективної дози іонізуючого опромінення населення. Це радіоактивний інертний газ, який утворюється при радіоактивному розпаді радію в радіоактивних родинах Урану-238, Торію-232 та Урану-235. Дочірні продукти його розпаду (*ДПР*) – полоній, свинець, вісмут – відкладаються в дихальних шляхах (трахеї, бронхах, бронхіолах, альвеолах) людини, опромінюють їх альфа-частинками викликаючи онкологічні захворювання.

Основними джерелами радону в глобальній атмосфері Землі є його надходження за різними оцінками з надр і з поверхні Землі (2000 Кі/рік), з поверхні морського дна (500 Кі/рік), з поверхні світового океану (30 Кі/рік), з родовищ фосфатів (3 Кі/рік), з відходів

при видобутку урану (хвостосховищ – 2 Кі/рік). Середній об'ємний вміст радону в атмосфері становить $6 \cdot 10^{-18} \%$, в 1 м^3 повітря при нормальних умовах міститься $7 \cdot 10^{-6} \text{ г}$ радону.

До значимих джерел надходження радону в навколошне середовище відносяться ґрунт, руда, природній газ, будівельні матеріали (цемент, щебінь, цегла, пісок, глина тощо) та вода. У різних регіонах вплив кожного фактора має свої особливості, які залежать від геологічної будови, концентрації радіоелементів в породах, ґрунтах, підземних водах, коефіцієнта еманування, наявності розломів в підстилаючих кристалічних породах [4; 5]. Практично завжди із даних джерел пріоритетне значення має ґрунт, який формує 90% радонової експозиції.

У більшості випадків будівельні матеріали як джерело радону в будинках має другорядне значення в порівнянні з проникненням в будинки радону з ґрунту. Частка радону, що поступає в приміщення за рахунок будівельних матеріалів, становить близько 10% від всіх джерел. Але існують ситуації, при яких *OA* радону за рахунок них може досягати значень $1000 \text{ Бк}/\text{м}^3$ (90%).

Аналіз останніх досліджень. Згідно НРБУ-97 питома ефективна активність ($A_{e\phi}$) природних радіонуклідів у будівельних матеріалах (щебінь, гравій, пісок, бутовий камінь, цементна та цегельна сировина), не повинна перевищувати: для матеріалів, що використовуються для будівництва житлових будівель (І клас) $A_{e\phi} = 370 \text{ Бк}/\text{кг}$; матеріалів, для використання в будівництві доріг у межах населених пунктів, а також при будівництві виробничих споруд (ІІ клас) вона повинна не перевищувати $A_{e\phi} = 740 \text{ Бк}/\text{кг}$; матеріалів, для будівництва доріг поза населеними пунктами (ІІІ клас) може досягти значення $A_{e\phi} = 1500 \text{ Бк}/\text{кг}$. Отже, при значенні $A_{e\phi} = (1,5 \div 4,0) \cdot k \text{ Бк}/\text{кг}$ матеріали повинні визнаватись як брак і не використовуватись.

Дослідження показують, що серед будівельних матеріалів найбільшу небезпеку щодо виділення радону представляють гірські породи вулканічного походження, включно з гранітом, пемзою (застосовується як заповнювач бетону), туфом, а найменшу – дерево, вапняк, мармур, природний гіпс [6].

За оцінками досліджень, швидкість надходження радону в одноповерховий будинок становить $20 \text{ Бк}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$, при цьому внесок бетону та інших будматеріалів в цю дозу становить всього $2 \text{ Бк}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$. Вміст радіоактивного газу радону в повітрі приміщень визначається вмістом в будматеріалах радію і торію. Застосування у виробництві будматеріалів з використанням безвідходних технологій позначається на об'ємній активності радону в приміщенні. Використання кальцій-силікатних шлаків, отриманих при переробці фосфатних руд, порожніх порід з відвалів збагачувальних фабрик зменшує забруднення навколошнього середовища, здешевлює виробництво будматеріалів. Особливо високою питомою активністю володіють блоки з фосфогіпсу, галунових глинистих сланців. З 1980 р. виробництво такого газобетону припинено через високу концентрацію в них радію і торію [5].

Питома активність *PA* основних будівельних матеріалів представлено в таблиці 1 [7].

Таблиця 1

Питома активність *PA* деяких будівельних матеріалів

Будівельні матеріали	Питома активність, $\text{Бк}/\text{кг}$
Дерево (Фінляндія)	1,1
Природний гіпс (Англія)	29
Пісок і гравій (Німеччина)	34
Портланд-цемент (Німеччина)	45
Цегла (Німеччина)	126

продовження табл. 1

Граніт (Англія)	170
Фосфогіпс (Німеччина)	574
Глинозем (Швеція)	496-1367
Кальцій-силікатний шлак (США)	2140
Відходи уранових підприємств (США)	4625

Постановка завдання. Перед нами стояло завдання визначення величини густини потоку радону (*ГПР*) з досліджуваних поверхонь будівельних матеріалів та виробів, які використовуються при будівництві житла та його оздобленні в Рівненській області.

Методика дослідження. Наші дослідження проводилися за допомогою радіометра «Альфарад Плюс», який призначений для експресних вимірювань та неперервного моніторингу об'ємної активності (*OA*) Радону-222 (діапазон: $(1 - 2 \cdot 10^6) \text{ Бк}/\text{м}^3$) та Радону-220 і кількості розпадів Полонію-216 (діапазон: $(1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^2) \text{ imp}/\text{s}$) в повітрі житлових та робочих приміщень і на відкритому повітрі. Наявність спеціальних пробовідбірних пристрій надавала можливість проводити вимірювання вмісту Радону-222 у воді (діапазон: $(6 - 800) \text{ Бк}/\text{dm}^3$), ґрутовому повітрі (діапазон: $(10^3 - 10^6) \text{ Бк}/\text{m}^3$), визначати густину потоку радону (*ГПР*) з поверхні ґрунту (діапазон: $(20 - 10^3) \text{ мБк}/(\text{c} \cdot \text{m}^2)$), рисунок).

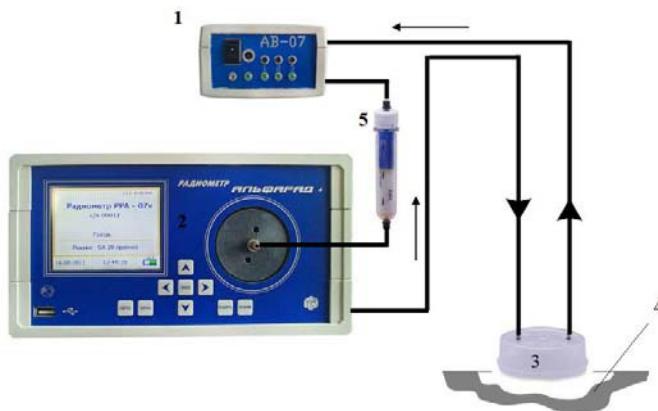


Рисунок. Схема відбору проби повітря для визначення густини потоку радону:

- 1 – автономна повітродувка; 2 – блок вимірювання ГПР;
 3 – накопичувальна камера; 4 – ґрунт; 5 – патрон-осушувач

У описаній комплектації радіометра використовувався вимірювальний блок *OA* для вимірювання *OA* радону та для реєстрації розпадів торону в пробах повітря.

Автономна повітродувка із вбудованим таймером призначена для попереднього відбору проб повітря з поверхні ґрунту, барботажу проб води, а також для перекачування проб повітря з радоном у пробовідбірні ємності.

Вимірювання *OA* Радону-222 базується на електростатичному осадженні іонів Полонію-218 із відібраної проби повітря на напівпровідниковий детектор. *OA* Радону-222 визначається за кількістю зареєстрованих α -частинок під час розпаду атомів Полонію-218, які осіли на детектор. Вимірювальна камера об'ємом $0,94 \text{ dm}^3$ виготовлена у вигляді циліндра, з розміщеним усередині високовольтним електродом і герметично закрита фланцями з протилежних боків. На входному фланці встановлено аерозольний фільтр, а в центрі вихідного – напівпровідниковий детектор.

Вимірювання ГПР проводились протягом 20 хв з кожної поверхні досліджуваних поверхонь не менше 10 разів з подальшим усередненням.

Результати досліджень представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Значення ГПР з будівельних матеріалів та виробів

Тип поверхні	ГПР, мБк/($m^2 \cdot c$)
Червона цегла зі штукатуркою	21
Червона цегла без штукатурки	28
Пісок	10
Залізобетонна панель	14
Гравій	45
Шлакоблок	35
Гіпс	2
Мармур	5
Дерево	1
Пемза	22
Гіпсобетон зі штукатуркою	7,3
Гіпсобетон без штукатурки	10
Вапняк	4

Висновки. Як видно з таблиці 2 найвища ексхаляція радону здійснюється з гравію та шлакоблоків, що однозначно визначає в них відносно високий вміст Радію-226. За показниками радонобезпечності найбільш ефективними з усіх будівельних матеріалів є дерево, гіпс, вапняк та мармур.

Список використаних джерел:

1. Yahong M. Physical Models and Limits of Radionuclides for decorative building Materials / M. Yahong, L. Yigang, F. Yuchuan // Health Phys. – 2006. – V. 90. – P. 471–475.
2. Стамат И. П. Оценка вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения / И. П. Стамат, А. В. Световидов, Д. И. Стамат // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 4. – С. 16–22.
3. Keller G. Radon Permeability and Radon Exhalation of building Materials / G. Keller, B. Hoffman, T. Feigenspan // Radon in the Living Environment. – Athens, 1999. – P. 1271–1278.
4. Стефаненко И. В. Меры по обеспечению защиты населения и работников от негативного влияния природных радионуклидов при строительстве зданий и сооружений / И. В. Стефаненко // Вестник ВолгГАСУ. Сер: Стр-во и архит. – 2010. – № 18 (37).
5. Kovler K. Radon exhalation of hardening concrete: monitoring cement hydration and prediction of radon concentration in construction site. 2006. 354–366 pp.
6. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды: Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 286 с.
7. Бекман И. Н. Радон: враг, врач и помощник. Курс лекций / И. Н. Бекман. – М. : Медицина, 2008.