



вміст урану, і, крім того, можливе швидке перенесення радону в ґрунті. Щоб зменшити вплив радону, мешканцям у цих районах необхідно шукати будівельні та ізоляційні матеріали з низькою проникністю даного газу.

**Аналіз останніх досліджень.** Всі будівельні матеріали відрізняються за вмістом урану і торію. Радон може виділятися з даних матеріалів у повітря. Виділена активність залежить від швидкості утворення радону і пористості матеріалу. Для звичайних будівельних матеріалів об'ємна швидкість надходження радону з них становить від 0,05 до 50 Бк/(м<sup>3</sup>·с), в приміщенні встановлюється відповідна об'ємна активність (*ОА*) величиною від 0,03 до 30 Бк/м<sup>3</sup> (для середньої кратності повітрообміну 0,7 год<sup>-1</sup>).

Будівельні матеріали як джерело радону в будинках має другорядне значення в порівнянні з проникненням в будинки радону з ґрунту. Але існують ситуації, при яких *ОА* радону за рахунок них може досягати значень 1000 Бк/м<sup>3</sup>. Наприклад, в деяких регіонах радон в житло надходить не стільки з ґрунту, скільки з будівельних матеріалів. Такою ситуацією характеризується, зокрема, м. Москва. Ґрунти Москви відносно бідні радієм, старі будинки (Москва білокам'яна) побудовані з малоактивних вапняків. Однак, стіни будинків, побудованих із залізобетону або облицьованих гранітом, іноді містять досить багато радію. Особливо це стосується гранітів, привезених з Алтаю. Піски і гравій деяких кар'єрів містять адсорбований радій (фільтрація природних збагачених радієм вод). Наприклад, гранітний щебінь з підмосковних кар'єрів характеризується підвищеною радіоактивністю (200-700 Бк/кг). Відповідно і бетон з таких компонентів містить радій [5].

Відносно матеріалів стін будинків, то найменше значення потужності ефективної дози зафіксоване в дерев'яних будинках (0,5 м<sup>3</sup>/рік), а в цегляних і залізобетонних воно може досягати 1,5 м<sup>3</sup>/рік.

З точки зору надходження радону в житлові приміщення пористі бетони дуже небезпечні, особливо якщо вони виготовлені з шлаків вугільних електростанцій, коефіцієнт еманування яких наближається до 100%. У цьому сенсі граніти менш небезпечні: хоча радію в них і більше, але емануюча здатність їх складає менше відсотка. Тому радон з гранітів в житлове приміщення практично не надходить. Наявність штукатурки зазвичай знижує надходження радону зі стін. Винятком є штукатурка японських традиційних будинків, яка відрізняється підвищеним вмістом Радію-224. У багатьох регіонах Японії потік Радону-220 (торону) з будівельних матеріалів є достатньо високим і небезпечним. У Підмосков'ї і Ленінградській області радононебезпечними є глини, які використовуються для штукатурки стін зрубів або кладки печей. Наприклад, глина кар'єру «Червоний Бор» характеризується активністю 150-300 Бк/кг. Надходження радону істотно пригнічує покриття стін шпалерами (особливо – спеціально розробленими для блокування радону), фарбами та лаками на епоксидній основі. Хороші результати дає застосування композитних покриттів.

Коефіцієнти еманування  $\eta$ , питома активність (*ПА*) та ефективна питома активність по радону  $A'_{ef}$  деяких будівельних матеріалів представлені в таблиці 1 [6].

Таблиця 1

Значення  $\eta$ , *ПА* та  $A'_{ef}$  для будівельних матеріалів

Матеріал	Країна	Кількість зразків	<i>ПА</i> , Бк/кг	$\eta$ , %	$A'_{ef}$ , Бк/кг
Бетон	Угорщина	100	13	28	3,6
	Норвегія	137	28	1-20	0,3-5,6
Бетон із сажею	Росія	15	27	11	3,1
	США	8	19	26	4,9

продовження табл. 1

Червона цегла	Угорщина	200	55	4	2
	Росія	16	36	1,5	0,55
Гіпс	США	12	12	28	3,4
	Росія	4	9	4,4	0,37
Гіпс апатитовий	Польща	10	26	3,5	0,9
Гіпс фосфоритовий	Польща	3	580-740	13-20	86-130
Шлак	Польща	11	70	0,7	0,5
Пісок	США	2	34	16	5,4
	Росія	14	10	20	1,9
Гравій	США	4	14	7	1
	Росія	5	16	11	1,7
Керамзит	Росія	7	28	1	0,41
Вапно, крейда	Росія	6	26	3,5	0,92
Туф	Росія	5	48	1,4	0,59

**Постановка завдання.** Перед нами стояло завдання визначення величини відносного зменшення густини потоку радону ( $ГПР$ ) з досліджуваних поверхонь квартири в залежності від виду оздоблювального матеріалу, яким вони покривались.

**Методика досліджень.** Нами були проведені вимірювання  $ГПР$  зі стін, підлоги та стелі в кімнаті трикімнатної квартири на першому поверсі цегляного будинку («хрущівка») протягом доби. У досліджуваному приміщенні об'ємом  $26,77 \text{ м}^3$  дві стіни були цегляними (одна – з вікном у пластиковій рамі), капітальними, товщиною близько 50 см, інші дві – міжкімнатні, з гіпсобетону, товщиною до 10 см. Підлога й стеля – бетонні перекриття. Оштукатурені стіни вкрито паперовими та пластиковими шпалерами, пластиковою «вагонкою», пофарбовано олійними та водоемульсійними фарбами. Підлога в приміщенні була дерев'яною, з нанесеною олійною фарбою, стеля – побілена. Після висихання нанесених матеріалів (близько 7 днів) проводились вимірювання  $ГПР$  протягом 20 хв. з кожної із підстилаючих поверхонь не менше 10 разів з подальшим усередненням.

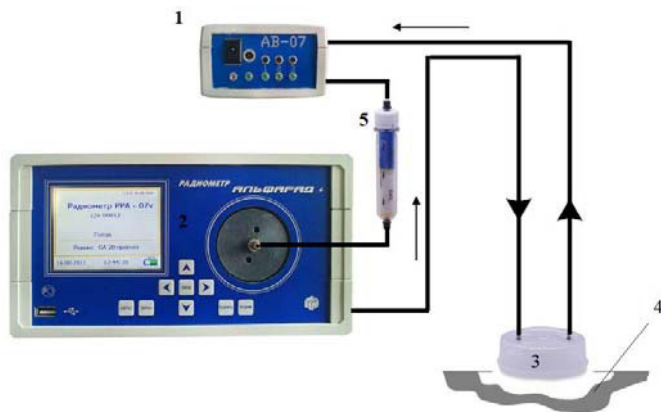


Рисунок. Схема відбору проби повітря для визначення густини потоку радону:

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

Вимірювання проводили за допомогою електронного вимірювального радонметра «Альфарад Плюс», який працює за принципом електростатичного осадження іонів  $Po-218$  (продукту розпаду  $Rn-222$ ) на напівпровідниковий детектор та наступну альфа-спектроскопію (рисунок).

**Результати досліджень** представлено в табл. 2.

Значення *ГПР* з поверхонь досліджуваного приміщення

Тип поверхні	<i>ГПР</i> , мБк/(м <sup>2</sup> · с)
Стіна 1 (цегляна зі штукатуркою)	21
Стіна 2 (цегляна зі штукатуркою)	20
Стіна 1 (цегляна зі штукатуркою, з паперовими шпалерами)	16
Стіна 2 (цегляна зі штукатуркою, з паперовими шпалерами)	14,7
Стіна 1 (цегляна зі штукатуркою, олійна фарба)	13
Стіна 2 (цегляна зі штукатуркою, олійна фарба)	12
Стіна 1 (цегляна зі штукатуркою, водоемульсійна фарба)	13
Стіна 1 (цегляна зі штукатуркою, з пластиковими шпалерами)	10
Стіна 3 (гіпсобетон зі штукатуркою)	10
Стіна 3 (гіпсобетон зі штукатуркою, з паперовими шпалерами)	7,3
Стіна 3 (гіпсобетон зі штукатуркою, ламінат)	7,7
Підлога (покрита дерев'яними дошками)	26,7
Стеля (побілена вапном)	4

**Висновки.** Як видно з таблиці 2, покриття стін паперовими шпалерами зменшує швидкість ексхалтації радону на 24-27%, пластиковими – 52%, нанесення на стіни олійної або водоемульсійної фарби – на 40%, покриття пластиковою «вагонкою» – 23%. За ефективністю ізоляції надходження радону в приміщення оздоблювальні матеріали можна розмістити в ряд: пластикові шпалери > фарба > паперові шпалери > ламінат.

**Список використаних джерел:**

1. Chen J. (2013). Canadian lung cancer relative risk from radon exposure for short periods in childhood compared to a lifetime. *International journal of environmental research and public health*, 10, 1916–1926. doi: 10.3390/ijerph10051916.
2. Peterson E., Aker A., Kim J. H., Li Y., Brand K. & Copes R. (2013). Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent? *Cancer Causes Control*, 24 (11), 2013–2020. doi: 10.1007/s10552-013-0278-x.
3. Truta L. A., Hofmann W., & Cosma C. (2014). Lung cancer risk due to residential radon exposures: estimation and prevention. *Radiation Protection Dosimetry*, 160, 112–116. doi: 10.1093/rpd/ncu062.
4. Keller G., Hoffmann B., Feigenspan T. (2001). Radon permeability and radon exhalation of building materials. *Science of the Total Environment*, 272(1-3), 85–89. doi: 10.1016/S0048-9697(01)00669-6
5. Бекман И. Н. Радон: враг, врач и помощник. Курс лекций / И. Н. Бекман. – М. : Медицина, 2008.
6. Уткин В. И. Радонная проблема в экологии / В. И. Уткин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 3. – С. 73–80.