

років практично не змінився і не перевищував  $34,84 \pm 1,74\%$ ; у когорті загалом і у віці  $\geq 40$  років достовірно ( $P < 0,05$ ) зріс з  $30,3 \pm 1,49\%$  до  $46,26 \pm 2,3\%$  і з  $25,72 \pm 1,3\%$  до  $56,04 \pm 2,8\%$ .

3. До 1997 р. включно у когорті загалом і у віковій групі  $\geq 40$  років реєструється достовірне поетапне зростання показників дисциркуляторної енцефалопатії з максимумом у 2007 р. на рівні  $18,9 \pm 0,95\%$  і  $30,14 \pm 1,5\%$ .

4. 2007 року у структурі хвороб нервової системи у когорті загалом і у віці  $\geq 40$  років вагоми впливи мають енцефаліт, мієліт, енцефаломієліт — 61,6% і 73,9%, у віці  $< 40$  років — хвороби вегетативної нервової системи 54,2%.

5. Розрахунки і аналіз відносного ризику та ексцесу відносного ризику хвороб нервової системи свідчить, що при дозах зовнішнього опромінення всього тіла 0,25-0,7 Гр в УЛНА на ЧАЕС 1986-1987 рр. віком  $< 40$  років на момент участі у ЛНА достовірний відносний ризик та ексцес відносного ризику хвороб вегетативної нервової системи, зокрема вегето-судинної дистонії, отримано вже за 5 років після опромінення, енцефалопатії неуточненої — за 10; дисциркуляторної енцефалопатії — за 15; неврозоподібних станів — за 20 років; у віковій групі  $\geq 40$  років за 5 років — нейроциркуляторної астенії, хвороб вегетативної нервової системи; за 15 років — невротичних розладів, неврозоподібних станів; за 20 років — дисциркуляторної енцефалопатії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Возіанов О.Ф. Чернобыль та медична наука / О.Ф. Возіанов // Журн. АМН України. — 2006. — Т. 12, № 1. — С. 5-15.

2. Логановський К.М. Нейропсихіатричні наслідки Чернобыльської катастрофи: сучасний стан доказів / К.М. Логановський // Укр. мед. часопис. — 2008. — № 6. — С. 44-51.

3. Альбом А. Введение в современную эпидемиологию / А. Альбом, С. Норелл. — Таллин, 1996. — 122 с.

4. Ликвидаторы Чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий / В.К. Иванов, А.Ф. Цыб, С.И. Иванов и др. — М.: Галанис, 1999. — 312 с.

Надійшла до редакції 16.04.2010.

## ASSESSMENT OF THE EFFECTIVE DOSES OF HUMAN IRRADIATION FROM BUILDING MATERIALS (BRICK)

Aksenov N.V., Friziuk M.A.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНИХ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ ВІД БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ (ЦЕГЛИ)



**АКСЬОНОВ М.В.,  
ФРИЗЮК М.А.**

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України», м. Київ

УДК 614.876;612.014

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (КИРПИЧА)

**Аксенов Н.В., Фризиук М.А.**

В работе определено содержание естественных радионуклидов в строительном сырье (глина) и строительном материале (кирпич). Установлено, что

средние значения эффективных удельных активностей исследованных проб стройматериалов не превышают норматив 1-го класса использования по радиационному фактору. Проведена консервативная

оценка доз внешнего облучения, которые может дополнительно получить человек внутри зданий, построенных при использовании этого материала.

перед техногенно-підсиленних джерел природного походження другим джерелом за внеском у сумарну дозу опромінення населення України є будівельні матеріали. Це пов'язано з тим, що будівельна сировина містить природні радіонукліди (ПРН) уранового ( $^{238}\text{U}$ ) та торієвого ( $^{232}\text{Th}$ ) рядів, а також  $^{40}\text{K}$  [1].

Згідно з Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [2] кількісними критеріями, що забезпечують протирадіаційний захист людини від техногенно-підсиленних джерел природного походження є

□ рівні обов'язкових дій для запобіжного радіаційного контролю;

□ рівні дій для поточного радіаційного контролю.

Рівні обов'язкових дій та рівні дій виражаються у термінах таких показників радіаційної ситуації, які можна вимірювати. Для будівельних матеріалів та мінеральної будівельної сировини — це ефективна питома активність природних радіонуклідів [2].

Одним з найпоширеніших будівельних матеріалів є цегла. Її властиві довговічність, міцність, стійкість до навколишнього середовища, до того ж вона проста у використанні.

У сучасному будівництві використовується велика кількість видів цегли, серед яких одним з основних є червона керамічна цегла з випаленої глини. Вона застосовується у будь-яких сферах будівництва: при закладці фундаменту, для стін і перегородок одноповерхових і багатоповерхових будинків і споруд, при закладці печей і камінів, для заповнення порожнеч у монолітно-бетонних конструкціях, а також для облицювання будинків і вну-

© Аксьонов М.В., Фризиук М.А. СТАТТЯ, 2010.

№ 4 2010 ENVIRONMENT & HEALTH 42

трішнього оздоблення приміщень тощо.

Якісна керамічна цегла виробляється з глини, добутої дрібною фракцією з постійним складом мінералів. Однак родовища з однорідним складом мінералів і багатометровим шаром глини дуже рідкісні і майже всі розроблені. Більшість родовищ містить багатшарову глину, яка при видобутку подрібнюється й змішується, при цьому отримують середній склад. Постійний або середній склад глини необхідний для встановлення постійних режимів сушіння й випалу, що дозволяє одержувати якісну цеглу із сушарки й печі тривалий час [3].

Глина належить до осадових порід, в яких присутні домішки кварцового піску, польових шпатів, карбонатів, деяких оксидів і органічних залишків. У природі зустрічаються глини з найрізноманітнішими ступенями пластичності та зв'язності, а також надзвичайно різноманітних кольорів: чисто білого, сірого, блакитнуватого, сіруватого, зеленуватого, усіляких відтінків жовтого, червоного, темносинього, коричневого й зовсім чорного. Крім пластичності, важливими властивостями глини є чутливість до високої температури або випалювання, а також до сушіння (можливість примусового сушіння виробу без утворення тріщин) [4].

Нині існують дві основні технології виробництва керамічної цегли. Перша ґрунтується на випалі глини, а друга здійснюється без нього [3]. При будівництві найчастіше використовується випалена цегла.

**Метою** роботи було дослідження вмісту ПРН у мінеральній сировині (глині) та будівельному матеріалі (цеглі), а також оцінка доз зовнішнього опромінення, які може додатково отримувати людина всередині будівель, збудованих з цього матеріалу.

**Методи досліджень.** Для вимірювання проб глини та цегли застосовувався гамма-радіометр РУГ-91М «АДАНИ». Зразки готувалися відповідно до методики підготовки проб до вимірювання на цьому приладі. Калібрування гамма-радіометра здійснювали за еталонними зразками.

## ASSESSMENT OF THE EFFECTIVE DOSES OF HUMAN IRRADIATION FROM BUILDING MATERIALS (BRICK)

**Aksenov N.V., Friziuk M.A.**

*A content of natural radionuclides in building raw (clay) and building materials (brick) was determined in the article. It was established that average values of the effective specific activities of studied samples of building materials didn't exceed a standard of the first class application by radiation factor. A conservative assessment of the doses of external irradiation that may be obtained by a human in the building of stated above material was carried out.*

Розрахунки питомої активності ПРН  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  та  $^{40}\text{K}$  виконуються приладом автоматично. Також автоматично здійснюється розрахунок ефективної питомої активності ( $A_{\text{еф}}$ ) за формулою 1 [2]:

$$A_{\text{еф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31 \cdot A_{\text{Th}} + 0,085 \cdot A_{\text{K}}, \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}, \quad (1)$$

де  $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{K}}$  — питомі активності відповідно  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  та  $^{40}\text{K}$ , Бк·кг<sup>-1</sup>; 1,31 і 0,085 — зважуючі коефіцієнти для  $^{232}\text{Th}$  та  $^{40}\text{K}$  відповідно відносно  $^{226}\text{Ra}$ .

За отриманими даними нами розраховувалися дози опромінення людини [5] відповідно до вимог Європейської комісії щодо принципів радіаційного захисту від природної радіоактивності у будівельних матеріалах.

При оцінці річних ефективних доз враховували коефіцієнт переходу від поглиненої дози у повітрі до ефективної дози та фактор тривалості перебування всередині приміщення. Коефіцієнт переходу від поглиненої дози у повітрі до ефективної дози для дорослих становить 0,7 Зв·Гр<sup>-1</sup>, а фактор тривалості перебування всередині приміщення — 0,8 [6].

Ефективну дозу всередині приміщення  $H_{\text{е}}$  розраховували за формулою:

$$H_{\text{е}} = D \times T \times F, \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}, \quad (2)$$

де  $D$  — розрахована потужність поглиненої дози, нГр·год<sup>-1</sup>;  $T$  — час перебування людини всередині приміщення на рік (7000, год·рік<sup>-1</sup>;  $F$  — коефіцієнт перетворення (0,7·10<sup>-6</sup>), Зв·Гр<sup>-1</sup>.

Величину потужності поглиненої дози  $D$  розраховували за формулою:

$$D = A_i \times C_F, \text{ нГр} \cdot \text{год}^{-1}, \quad (3)$$

де  $A_i$  — питома активність відповідних радіонуклідів, Бк·кг<sup>-1</sup>;  $C_F$  — коефіцієнт перетворення дози, (нГр·год<sup>-1</sup>)/(Бк·кг<sup>-1</sup>).

Для полегшення розрахунку потужності дози від різних комбінацій цих трьох радіону-

клідів вводився індекс (коефіцієнт) використання активності  $K$ :

$$K = \left( \frac{A_{\text{Ra}}}{A_{\text{стRa}}} f_{\text{Ra}} + \frac{A_{\text{Th}}}{A_{\text{стTh}}} f_{\text{Th}} + \frac{A_{\text{K}}}{A_{\text{стK}}} f_{\text{K}} \right) \cdot w_m,$$

де  $A_{\text{ст}}$  — типові (стандартизовані) питомі активності відповідних радіонуклідів, Бк·кг<sup>-1</sup>. Значення  $A_{\text{стRa}}$ ,  $A_{\text{стTh}}$ ,  $A_{\text{стK}}$  становлять відповідно 50, 50, 500 Бк·кг<sup>-1</sup>;  $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{K}}$  — фактичні значення питомої активності відповідних радіонуклідів у будівельних матеріалах, Бк·кг<sup>-1</sup>;  $f_{\text{Ra}}$ ,  $f_{\text{Th}}$ ,  $f_{\text{K}}$  — ваговий внесок у потужність дози від фактичної питомої активності цих радіонуклідів;  $w_m$  — коефіцієнт вагового використання будівельного матеріалу (сировини) з даною питомою активністю.

Приймалося, що при використанні моделі житла з повним (100%) застосуванням певного матеріалу ( $w_m=1$ ) з типовими (стандартизованими) питомими активностями відповідних радіонуклідів створюється потужність дози 80 нГр·год<sup>-1</sup> [6].

**Результати досліджень.** Було виміряно та проаналізовано по 14 зразків глини Обухівського родовища (Київська обл.) та цегли керамічної повнотілої, виробленої з цієї сировини.

Середні значення вимірюваних питомих активностей ПРН  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  та  $^{40}\text{K}$  склали для глини 29 Бк·кг<sup>-1</sup>, 24 Бк·кг<sup>-1</sup>, 327 Бк·кг<sup>-1</sup>, відповідно, та для цегли — 30 Бк·кг<sup>-1</sup>, 33 Бк·кг<sup>-1</sup>, 445 Бк·кг<sup>-1</sup>.

Середні значення ефективної питомої активності проб будівельних матеріалів склали для глини 88 Бк·кг<sup>-1</sup>, для цегли — 111 Бк·кг<sup>-1</sup>.

Будівельні матеріали та мінеральна будівельна сировина поділяються за ефективною питомою активністю на три класи щодо використання їх у різних видах будівництва [2], а саме:

□ I клас —  $A_{\text{еф}} \leq 370$  Бк·кг<sup>-1</sup> (будівельні матеріали та мінеральна будівельна сировина можуть використовуватися для всіх видів будівництва без обмежень);

□ II клас —  $370$  Бк·кг<sup>-1</sup>  $< A_{\text{еф}} \leq 740$  Бк·кг<sup>-1</sup> (будівельні матеріали та мінеральна будівельна сировина можуть бути використані для промислового будівництва та для будівництва шляхів);

□ III клас —  $740$  Бк·кг<sup>-1</sup>  $< A_{\text{еф}} \leq 1350$  Бк·кг<sup>-1</sup> (будівельні матеріали та мінеральна будівельна сировина можуть бути використані у межах населених пунктів для будівництва підземних споруд чи комунікацій, покритих шаром ґрунту товщиною понад 0,5 м, де час перебування людей становить не більше 50% робочого дня, а також поза межами населених пунктів для будівництва шляхів, для спорудження гребель та інших об'єктів, де час перебування людей становить не більше 50% робочого дня).

Встановлено, що значення питомих активностей ПРН у цеглі дещо вищі, ніж у глині. Це пов'язано з технологією ви-

робництва цегли (висушування та випалювання), завдяки якій кінцевий продукт позбавляється вологи, тобто відбувається концентрування ПРН. Проте норматив 370 Бк·кг<sup>-1</sup> (I клас використання мінеральної будівельної сировини) у досліджених зразках глини та цегли не перевищено, тому їх можна застосовувати для всіх видів будівництва без обмежень.

**Оцінка доз.** За результатами вимірювань вмісту ПРН у пробах цегли було проведено консервативну оцінку річних ефективних доз опромінення людини всередині будинків, збудованих з використанням дослідженого будівельного матеріалу (табл.).

Встановлено, що середнє значення річної ефективної дози всередині приміщень при повному використанні матеріалу ( $w_m=1$ ) склало 0,29 мЗв·рік<sup>-1</sup> з діапазоном коливань 0,24 ÷ 0,33 мЗв·рік<sup>-1</sup>.

Частотний розподіл річних ефективних доз опромінення людини всередині будинків, збудованих з використанням цегли керамічної повнотілої, представлено на рисунку.

Як видно з рисунка, при використанні у будівництві тільки одного типу будівельного матеріалу (цегли) майже 40% осіб можуть отримати річну ефективну дозу порядку 0,32 мЗв на рік. Проте у будівництві, як правило, використовується декілька будівельних матеріалів, тому фактичні дози опромінення людини будуть меншими.

### Висновки

1. Середні значення ефективних питомих активностей досліджених проб глини та цегли склали 88 Бк·кг<sup>-1</sup> та 111 Бк·кг<sup>-1</sup> відповідно, що не перевищує норматив I-го класу використання будівельних матеріалів та мінеральної будівельної сировини за радіаційним фактором.

2. За консервативною оцінкою, середнє значення річної ефективної дози опромінення людини всередині будівель становитиме 0,29 мЗв·рік<sup>-1</sup>. Проте фактичні дози опромінення людини будуть меншими.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 1993: Report to the General Assembly with Scientific Annexes. — New York: UN, 1993. — 218 p.

2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) // Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. — К., 1998. — 135 с.

3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кирпич>.

4. <http://www.plinfa.com/r/directions/projecting/loam.html>.

5. EC. Radiation protection 112. Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials: European Commission Report / Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. — 1999. — 16 p.

6. Effects of Radiation on the Environment. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR (2000) Report to the General Assembly with Scientific Annex. — New York: UN, 2000.

Надійшла до редакції 28.07.2010.

K	D, нГр·год <sup>-1</sup> (для вказаних масових частин використання цегли)				H <sub>E</sub> , мЗв·рік <sup>-1</sup> (для w <sub>m</sub> =1)
	w <sub>m</sub> =1	w <sub>m</sub> =0,75	w <sub>m</sub> =0,5	w <sub>m</sub> =0,25	
0,82	66	49	33	16	0,32
0,79	63	47	32	16	0,31
0,85	68	51	34	17	0,33
0,82	66	49	33	16	0,32
0,82	66	49	33	16	0,32
0,77	62	46	31	15	0,30
0,76	61	46	30	15	0,30
0,76	61	46	30	15	0,30
0,72	58	43	29	14	0,28
0,71	57	43	28	14	0,28
0,61	49	37	24	12	0,24
0,65	52	39	26	13	0,25
0,66	53	40	26	13	0,26
0,68	54	41	27	14	0,27
Середнє					0,29

Таблиця  
Потужність поглиненої у повітрі дози та ефективні дози всередині приміщень від ПРН цегли

Рисунок  
Частотний розподіл річних ефективних доз, які може отримати людина всередині приміщень за рахунок ПРН у будівельних матеріалах (цеглі)

