О. В. Макарова, Л. І. Григор'єва, д.б.н., Ю. А. Томілін, д.б.н.

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м. Миколаїв

РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ОЦІНЦІ ЯКОСТІ І ЕКОЛОГІЧНІЙ СЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті висвітлено матеріали досліджень авторів щодо вмісту радіонуклідів у будівельних матеріалах, які виробляються на підприємствах Миколаївщини, та визначено місце радіаційного контролю будматеріалів при оцінці їх якості та при екологічній сертифікації їх виробництва.

Ключові слова: будівельні матеріали, природні радіонукліди, радіаційний контроль.

Актуальність дослідження

З впровадженням нових будівельних і оздоблювальних матеріалів в практику будівництва і реставрації питання їхньої безпеки для навколишнього середовища і для людини стає як ніколи актуальним [1]. При цьому будівництво є одним з потужних джерел забруднення навколишнього середовища, нейтралізація негативно впливу якого реалізується через застосування ряду заходів: вдосконалення технологій у виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, перехід на безвідходне виробництво, залучення і вторинне використання відходів, радіаційний і хімічний контроль будівельних виробів, екологічний аудит об'єктів промбудматеріалів, екологічна сертифікація будівництва тощо. Тому екологічна та гігієнічна оцінка безпеки будівельних матеріалів і раціональність їх вибору для питань будівництва в даний час активно впроваджується в практику будівництва в усьому світі.

Відповідно до чинних національних нормативно-технічних документів [2, 3, 4] до будівельних матеріалів пред'являють вимоги: гігієнічні, експлуатаційні, конструктивні. Гігієнічні вимоги, зокрема, обмежують радіаційний вплив будматеріалів на людину від присутніх в останніх природних радіонуклідів (ПРН). В залежності від вмісту ^{40}K (калію-40), ^{226}Ra (радію-226), ^{232}Th (торію-232) та дочірніх продуктів їх розпаду (ДПР) у будівельних матеріалах доза зовнішнього опромінення у приміщеннях може збільшуватися до 1,5 разів у порівнянні з зовнішнім опроміненням надворі [5].

За [4] радіаційний контроль є однією із ланок діючого в Україні контролю якості будівельної продукції, дотримання вимог до надійності будівель та споруд під час експлуатації та вимог до інженерних досліджень в будівництві. Всі будівельні матеріали, згідно Норм радіаційної безпеки України [3], за величиною ефективної питомої активності природних радіонуклідів (ПРН) і можливості їх використання в будівниц-

тві поділяються на чотири класи, при цьому для використання у житловому будівництві можуть використовуватися будівельні матеріали, які відносяться до I класу: ефективна питома активність ПРН складає не більше 370 Бк/кг. Геологічні особливості північних районів Миколаївщини (вихід гранітних пластів на поверхню) спряють численному розгортанню в цих районах граніто-видобувної та граніто-переробної промисловостей, що несе ризик використання будматеріалів з підвищеним вмістом природних радіонуклідів у житловому і промисловому будівництві [6, 7].

Метою наших досліджень є оцінити вміст природних радіонуклідів у будівельних матеріалах, які використовуються у житловому будівництві на Миколаївщині, проаналізувати нормативно-технічне забезпечення радіаційного контролю у житловому будівництві для визначення його місця при оцінці якості будівельних матеріалів та їх екологічній сертифікації.

Матеріалами досліджень виступали результати гамма-спектрометричних досліджень вмісту ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K у матеріалах, які видобуваються на Ново-Данилівському (Казанківський район), Трикратьському (Вознесенський район), Південно-Бузькому гранітних кар'єрах, а також у готових будівельних матеріалах Миколаївського заводу будівельних конструкцій (458 аналізів), виконаних авторами у Миколаївській науково-дослідній лабораторії з радіаційної безпеки «Ларані» [6, 8, 9] за 1993 – 98 рр. та 2004 – 05 рр., а також результати визначення потужності експозиційної дози (ПЕД) у житлових будинках населених пунктів в районі розташування цих підприємств. Також використано матеріали радіаційно-гігієнічної оцінки гранітних порід ділянки Олександрівського родовища у 2002 році [10].

Методи дослідження. Радіонуклідний склад будівельних матеріалів визначали гамма-спектрометричним методом. Питому активність ^{232}Th визначали за гамма-випромінюванням ^{228}Ac (гамма-лінії 338, 911 і 968 кеВ, квантові виходи

12, 29, 23% відповідно) та ^{212}Pb (гамма-лінія 238 кеВ, квантовий вихід 48%). Питому активність ^{226}Ra – за гамма-випромінюванням ^{214}Bi (гамма-лінії 1120, 1765 кеВ, квантові виходи 15, 16% відповідно) та ^{214}Pb (гамма-лінії 295, 352 кеВ, квантові виходи 19, 37% відповідно). Питому активність ^{40}K визначали за гамма-лінією 1461 кеВ [8]. Ефективну сумарну питому активність ($A_{\text{еф}}$) розраховували за методикою, яка наведена у [10]:

$$A_{\text{еф}} = A_{\text{Ra-226}} + 1,31A_{\text{Th-232}} + 0,085A_{\text{K-40}},$$

де $A_{\text{Ra-226}}$, $A_{\text{Th-232}}$, $A_{\text{K-40}}$ – питома активність ^{226}Ra , ^{232}Th і ^{40}K відповідно; 1,31 і 0,085 – вагові коефіцієнти по відношенню до ^{226}Ra для ^{232}Th і ^{40}K відповідно.

Вимірювання потужності дози гамма-випромінювання виконувалися за допомогою радіометрів СРП-88Н, РКС-20.03 «Прип'ять», дозиметру ДБГ-06Т на рівні 1 м від поверхні землі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Результати гамма-спектрометричних аналізів будівельних матеріалів показали, що більш високою активністю характеризувалися будівельні матеріали, при виробництві яких використовували граніт або матеріали з домішками граніту: середній вміст ^{232}Th складав 125 ± 21 Бк/кг, ^{226}Ra – 148 ± 17 Бк/кг, вміст ^{40}K знаходився на рівні 102 ± 24 Бк/кг (табл. 1).

Різницю між вмістом ^{232}Th і ^{226}Ra відмічено у гравії сировинному і гравії керамзитовому: у гравій-сировині з кар'єрів вміст ^{232}Th знаходився на рівні 70 – 80 Бк/кг, у керамзитовому наповнювачі Миколаївського заводу пористих заповнювачів – не перевищував 50 – 60 Бк/кг.

Помітно відрізнялися результати дослідження вмісту ^{232}Th і ^{40}K у будівельних матеріалах з різних місць відбору проб: у гравії з Трикратського гранкар'єру вміст ^{232}Th і ^{40}K був вищим, ніж у гравії з Ново-Данилівського кар'єру; у глині з Ново-Данилівського кар'єру вміст ^{232}Th і ^{226}Ra знаходився на одному рівні з їхнім вмістом у гравії.

Більш високою радіоактивністю відрізнялися будматеріали, які виготовлені з гранітів. Високим вмістом природних радіонуклідів характеризуються також будівельні матеріали із вторинної сировини: глина, шлами, інше. За результатами гамма-спектрометричних аналізів у деяких будівельних матеріалах (брущатка гранітна, відсів виробництва блоків, граніт, гранітна маса) за рахунок природних радіонуклідів $A_{\text{еф}}$ досягала нормативного показника для використання у житловому будівництві 370 Бк/кг. Тобто ці будівельні матеріали за сумарним вмістом природних

радіонуклідів знаходилися на рівні, при якому використання будівельної продукції у житловому будівництві обмежується нормативними документами [4], бо може призводити до підвищених величин радіаційного фону у приміщеннях.

Граніти Микитівського родовища відносяться до порід з невисокою радіоактивністю: середня ПЕД гамма-випромінювання становила 8,5 мкР/год, середня $A_{\text{еф}}$ – 2035 Бк/кг при максимальній 224.8 Бк/кг.

Статистично оброблені результати досліджень потужності експозиційної дози у житлових приміщеннях Арбузинського району (с. Булацелово, с. Благодатне, смт. Арбузинка, с. Агрономія, с. Бузьке, с. Воронівка), Вознесенського району (с. Актово, с. Олександрівка, с. Таборівка, с. Трикрати), Казанківського району (сmt. Казанка, с. Ново-Данилівка, с. Троїцько-Сафонове), Доманівського району (сmt. Доманівка, с. Володимирівка, с. Копи, с. Лідівка), Братського району (сmt. Братське, с. Крива Пустош, с. Миrolюбівка), Первомайського району (м. Первомайськ, с. Сінюхін Брод, с. Чаусово 1, с. Чаусово 2) виявили, що для усіх районів характерно широкий інтервал розкиду даних: від 5 до 15 мкР/год. Для окремих населених пунктів середні рівні потужності експозиційної дози всередині житлових приміщень були вищими за середні по району показники. Так, у с. Бузьке (Арбузинського району) середнє значення потужності експозиційної дози всередині житлових приміщень складало $27,3 \pm 5,4$ мкР/год (максимальне значення досягало 47 мкР/год), у с. Булацелово (Арбузинського району) $27,8 \pm 5,5$ мкР/год, а середній рівень ПЕД у приміщеннях для Арбузинського району складав $22,5 \pm 2,4$ мкР/год. Для житлових приміщень цих двох населених пунктів потужність експозиційної дози значуще ($p \leq 0,05$) відрізнялася від середніх для районів показників. Схожа ситуація спостерігалася у Казанківському районі: при середньому для району рівні ПЕД у приміщеннях $22,1 \pm 3,1$ мкР/год, у с. Ново-Данилівка ПЕД у житлових приміщеннях складала $27,8 \pm 1,6$ мкР/год, тобто також мала значиму різницю ($p \leq 0,05$) у порівнянні із середньою для району величиною потужності експозиційної дози у житлових приміщеннях. У Вознесенському районі декілька більші понад середні для району значення потужності експозиційної дози у житлових приміщеннях спостерігали у с. Актово (максимальне значення рівня ПЕД у житлових приміщеннях тут спостерігали на рівні 46 мкР/год), с. Олександрівка. У Первомайському районі така ситуація спостерігалася у с. Чаусово 1, с. Чаусово 2.

Аналіз результатів також свідчив, що на ве-

личину радіаційного фону житлових приміщень істотний вплив здійснювали будівельні конструкції домівок: найнижчий рівень потужності експозиційної дози реєструвався у будівлях із цеглини звичайної і білого каменю, декілька вищий – із саманної цеглини, а найвищі значення реєструвалися у домах, які побудовані з використанням бетонних конструкцій, з використанням гранітних виробів. Так, середнє значення потужності експозиційної дози у домах, побудованих з саманного каменю, склало 24 ± 5 мкР/год, у домівках, побудованих з будівельних матеріалів з домішками граніту – 28 ± 5 мкР/год, у домівках, при будівництві яких використовували ще саманну глину, рівень потужності експозиційної дози досягав 30 ± 3 мкР/год. Потрібно зазначити, що підвищені рівні потужності експозиційної дози у житлових приміщеннях були характерні для будівель, у фундаменті яких також застосовували гранітні матеріали. При цьому результати досліджень засвідчили, що відсоток таких будівель був достатньо великий (близько 40 %).

Відображено результати узагальнення вимірів ПЕД у приміщеннях Арбузинського, Вознесенського районів Миколаївської області. Маємо, що потужність експозиційної дози всередині житлових приміщень для різних населених пунктів характеризувалася більш високими рівнями для домівок з бетонних конструкцій, а також які мали бетонний фундамент; більш низькі рівні радіаційного фону у приміщеннях спостерігали у домах зі звичайної цеглини та білого каменю. Так, для приміщень Арбузинського, Вознесенського, Казанківського, Первомайського районів найбільші рівні потужності експозиційної дози у житлових приміщеннях характерні для домівок, побудованих з бетонних конструкцій, саману.

Висновки

1. Активність природних радіонуклідів у сировинній продукції видобутку на гранітних кар'єрах Миколаївщини, а також у готових будівельних матеріалах з обстежених заводів їх виготовлення, не перевищувала встановлених нормативних величин (для ^{226}R – 370 Бк/кг, для ^{232}Th – 260 Бк/кг, для ^{40}K – 1800 Бк/кг, для $A_{\text{эф}}$ – 370 Бк/кг). Більш високий вміст природних радіонуклідів визначався у будівельних матеріалах, виготовлених з гірських порід (щебін, гравій), меншу активність мали глина і пісок. Окремі будівельні матеріали за сумарною радіоактивністю знаходилися на рівні, застосування якої обмежується державними будівельними нормативами.

2. Безконтрольне використання у житловому будівництві матеріалів без радіаційного контролю (що характерно для старих будівель у сільській місцевості) може виступати чинником під-

вищеного опромінення людини в результаті формування підвищених рівнів ПЕД всередині приміщення.

3. Національне нормативно-технічне забезпечення системи радіаційного контролю у будівництві забезпечує неможливість використання у житловому будівництві будівельних матеріалів, які за вмістом природних радіонуклідів, не є безпечними за радіаційно-гігієнічним критерієм. Жорсткий контроль у житловому будівництві є необхідною умовою оцінки якості будівельних матеріалів, бо це безпосередньо пов'язано з убезпеченням життя і здоров'я людей, особливо при використанні місцевих будівельних матеріалів з високим вмістом природних радіонуклідів.

4. Через те, що екологічна сертифікація підтверджує безпеку об'єкта оцінки відповідності для навколишнього середовища і для людини, то, на нашу думку, екологічна сертифікація будівельних матеріалів має обов'язково включати радіоекологічну сертифікацію – як засіб, який забезпечить безпеку будматеріалів за радіаційно-гігієнічними і радіаційно-екологічними критеріями.

Список використаних джерел

1. Киреева О. А. Рациональный выбор строительных материалов с точки зрения экологической безопасности / О. А. Киреева, Д. О. Котова // Международный научный вестник. – 2014. – № 3. – Режим доступу: <https://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=11892>.
2. Закон України «Про будівельні норми» від 05.11.2009.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97). – К., МОЗ України, 1998. – 135 с.
4. Система норм та правил зниження рівня іонізуючого випромінювань природних радіонуклідів у виробництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва ДБН В.1.4 – 20.01 – 97. – К., 1997. – 92 с.
5. Лукутцова Н. П. Радиационная безопасность строительных материалов и промышленных отходов: Препринт ИНВЕТ 2000 – 28. – Протвино, 2000. – 6 с.
6. Григор'єва Л. І. Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи: Монографія / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – 332 с.
7. Томілін Ю. А. Якість будівельних виробів за умов радіаційної безпеки / Ю. А. Томілін, Л. І. Григор'єва // Техногенна безпека ЧНУ ім. П. Могили. – Миколаїв, 2008. – С. 90 – 95.
8. Методика определения естественных ра-

дионуклидов в стройматериалах. – К.: «АтомКомплексПрилад», 1994. – 57 с.

казенного підприємства «Кіровоград». – 2002. – Кіровоград. – 74 с.

9. Содержание радионуклидов в объектах внешней среды на территории Николаевской области: Отчет ОНИР / Никол. науч.-иссл. лабор. по проблемам радиологической безопасности населения «ЛАРАНИ». – Николаев, 1990-1997 гг.

Надійшла до редакції 24.04.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Братченко Г. Д., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

10. Радиційно-гігієнічна оцінка порід Олександрівського родовища гранітів: Звіт про НДР

Таблиця 1. Вміст природних радіонуклідів у будівельних матеріалах з гранітних кар'єрів та підприємств Миколаївської області, Бк/кг

Будівельний матеріал (сировина) (у дужках вказано кількість проб)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$		
	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
Глина (23)	65±8	136±17	802±24
Граніт (40)	124±21	148±17	123±11
Гравій – кругла фракція (12)	140±10	43±8	1058±13
Гравій – відсів (10)	95±7	143±7	1045±11
Щебінь фракції 10-20 (14)	50±12	35±8	86±7
Щебінь фракції 20-40 (15)	47±8	35±9	88±8
Блоки гранітні (11)	170±10	144±12	92±6
Брущатка гранітна (10)	189±11	160±8	106±10
Відсів виробництва блоків (12)	175±13	101±19	98±7
Гранітна маса (10)	135±11	134±17	84±12
Щебінь фракції 10-20 (12)	160±12	56±8	80±11
Щебінь фракція 20-40 (16)	162±12	54±10	58±9
Гравій керамзитовий (14)	51±12	58±7	302±23
Шлакоблоки (12)	107±12	51±6	454±22
Глина керамзитова (12)	50±6	48±5	810±35
Пісок (17)	15±3	–	272±45
Цемент (12)	35±5	57±9	580±53
Цегла керамічна (11)	66±9	49±7	630±58

Е. В. Макарова, Л. И. Григорьева, д.б.н., Ю. А. Томилин, д.б.н.

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье приведены материалы исследований авторов относительно содержания радионуклидов в строительных материалах, производимых на предприятиях Николаевской области, и определено место радиационного контроля стройматериалов при оценке их качества и при экологической сертификации их производства.

Ключевые слова: строительные материалы, природные радионуклиды, радиационный контроль.

O. V. Makarova, L. I. Grigoreva, DSc, Y. A. Tomilin, DSc

RADIATION CONTROL IN THE ASSESSMENT OF QUALITY AND ENVIRONMENTAL CERTIFICATION OF BUILDING MATERIALS

The article covers the materials of the authors' research on the content of radionuclides in building materials produced at the enterprises of Nikolayev region, and the place of radiation control of building materials in determining their quality and the environmental certification of their production.

Keywords: building materials, natural radionuclides, radiation control.