

**ВЛИЯНИЕ РАЗБРОСА УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  $R_a$ ,  $T_h$ ,  $K$   
НЕКОТОРЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА  
ВЕЛИЧИНУ ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**

**Л.Н.Вилинская, А.Н.Писаренко, Г.М.Бурлак**

*Государственная академия строительства и архитектуры, Одесса*

Инновационные направления строительного производства [1] характеризуются следующими основными особенностями современного жилищного строительства: повысились требования к теплосбережению ограждающих конструкций домов (переход на использование теплосберегающих разновидностей строительных материалов ограждающих внешних стен); изменилось отношение потребителей к комфортности жилья, в том числе и к радиационному качеству; изменилась специфика выбора конструктивных решений жилых домов в условиях ограниченных возможностей наличия земельных участков в пределах городов и значимости радонопоствупления из грунта.

Известно, что вклад источников ионизирующего излучения строительного производства на величину суммарной эффективной дозы облучения составляет около 70% [2]. Это связано с содержанием различных радионуклидов в строительных материалах ограждающих конструкций помещений здания и в подстилающем грунте под зданием. Большую часть (до 80%) времени население развитых стран проводит внутри помещения. Основную дозу облучения от природных источников (естественных радионуклидов и продуктов их распада) человек получает, находясь в закрытом непрветриваемом помещении. На дозу внешнего облучения влияют естественные радионуклиды, содержащиеся в строительных материалах, а на дозу внутреннего облучения - содержание радия и особенности конструкции здания.

На основе рекомендаций Международной комиссии по радиологической защите в Украине разработаны нормативно-правовые документы: нормы радиационной безопасности Украины [3], Государственные строительные нормы Украины «Система норм и правил снижения уровня ионизирующих излучений естественных радионуклидов в строительстве» [4,5], Закон Украины «О защите человека от воздействия ионизирующих излучений» [6], в которых для регламентированных радиационных параметров установлены

допустимые уровни и контрольные уровни, значения которых должны быть ниже допустимых уровней этих параметров. Регламентируемыми радиационными параметрами являются: 1) эффективная удельная активность строительных материалов (конструкций), 2) мощность поглощенной дозы в помещениях здания, 3) эквивалентная равновесная объемная активность радона и его дочерних продуктов распада в воздухе помещений здания. Соблюдение этих норм является обязательным для всех лиц, принимающих участие в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, а также изготавливающих строительные материалы и конструкции. В связи с этим весьма актуальным является изучение радиационных характеристик строительных материалов, оценка радиационного качества жилых и промышленных помещений, а также проведение мероприятий радиационного контроля. \_\_

В нормативно-правовых документах определена концепция радиационной защиты человека, которая состоит в сохранении здоровья человека от ущерба, связанного с воздействием ионизирующего излучения, обеспечении безопасной работы с источниками ионизирующего излучения и охране окружающей среды. Для обеспечения радиационного качества жилья в соответствии с концепцией радиационной защиты человека необходимо изучение свойств и параметров источников ионизирующих излучений строительного производства, методов их определения, оценки уровня радиационной безопасности здания. Однако анализ состояния системы радиационного контроля строительного производства показал, что она не в полной мере отвечает требованиям современной концепции радиационной защиты и требует инноваций.

Главными источниками поступления в строительные материалы естественных радионуклидов являются минералы и горные породы, происхождение которых связано с включением в их состав всех радиоактивных элементов, возникших в период формирования и развития планеты. Радиационные свойства горных пород оцениваются содержанием естественных радионуклидов в них и имеют выраженные региональные отличия. Согласно [3], содержание доминирующих естественных радионуклидов (радия-226, тория-232, калия-40) в строительных материалах оценивается по их удельной активности  $A_{y\partial Ra}$  (Тг, К), Бк/кг, а также по суммарной эффективной удельной активности  $A_{эф}$ , Бк/кг:

$$A_{эф} = A_{y\partial Ra} + 1,31A_{y\partial Th} + 0,085A_{y\partial K}, \quad (1)$$

где 1,31; 0,085 – взвешивающие коэффициенты тория-232, калия-40 по отношению к радио-226. Содержание естественных радионуклидов в сырьевых материалах и промышленных отходах характеризуется большим разбросом показаний по эффективной удельной активности в зависимости от геологических различий горных пород регионов стран [2,7,8]. Одни и те же строительные материалы, добываемые или изготавливаемые в разных областях, могут значительно различаться по уровню удельной активности. Различия наблюдаются также в пределах одного и того же региона. Это связано с влиянием природных факторов, неравномерностью переноса радионуклидов в атмосфере и выпадением их на земную поверхность. В связи с этим представляло интерес выяснить влияние разброса удельной активности  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  некоторых строительных материалов на величину их эффективной удельной активности. —

Нами проведен расчет эффективной удельной активности некоторых строительных материалов, исходя из разброса удельной активности  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  в различных регионах. Для удобства строительные материалы пронумерованы (см. табл.1-3 и рис.1).

В таблице 1 приведены интервалы удельной активности  $A_{y\delta}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$ . Экспериментальные значения взяты из работ [2, 7].

Таблица 1

Интервалы удельной активности  $A_{y\delta}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  [2, 7]

| № | Материал             | $A_{y\delta Ra}$ , Бк/кг |     | $A_{y\delta Th}$ , Бк/кг |       | $A_{y\delta K}$ , Бк/кг |      |
|---|----------------------|--------------------------|-----|--------------------------|-------|-------------------------|------|
|   |                      | min                      | max | min                      | max   | min                     | max  |
| 1 | Щебень               | 36,6                     | 60  | 79,3                     | 125   | 971                     | 1161 |
| 2 | Гранитный отсев      | 43                       | 78  | 74                       | 118,2 | 999                     | 1171 |
| 3 | Гравий керамзитовый. | 25                       | 37  | 28                       | 53    | 658                     | 854  |
| 4 | Бетон                | 25                       | 37  | 36                       | 52    | 280                     | 380  |
| 5 | Кирпич               | 44                       | 72  | 19                       | 51    | 185                     | 704  |
| 6 | Глина                | 18                       | 41  | 76                       | 111   | 874                     | 1221 |
| 7 | Песок                | 12                       | 26  | 22                       | 333   | 165                     | 333  |
| 8 | Плитка керамическая  | 48                       | 89  | 49                       | 102   | 680                     | 777  |
| 9 | Цемент               | 26                       | 55  | 18                       | 23    | 241                     | 326  |

В таблице 2 приведены интервалы суммарной эффективной удельной активности  $A_{эф эксп}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$ , рассчитанные по формуле (1).

Таблица 2

Интервалы суммарной эффективной удельной активности  $A_{эф эксп}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$ , рассчитанные по формуле (1)

| № | Материал            | $A_{эф эксп}$ , Бк/кг |     |
|---|---------------------|-----------------------|-----|
|   |                     | min                   | max |
| 1 | Щебень              | 223                   | 322 |
| 2 | Гранитный отсев     | 260                   | 297 |
| 3 | Гравий керамзитовый | 130                   | 167 |
| 4 | Бетон               | 106                   | 130 |
| 5 | Кирпич              | 113                   | 171 |
| 6 | Глина               | 267                   | 284 |
| 7 | Песок               | 68                    | 83  |
| 8 | Плитка керамическая | 219                   | 280 |
| 9 | Цемент              | 70                    | 111 |

Значение эффективной удельной активности вычислялось с использованием формулы (1) отдельно для нижней (min) и верхней (max) границ соответствующих интервалов для  $A_{уд Ra}$ ,  $A_{уд Th}$  и  $A_{уд K}$ . Полученные минимальные и максимальные величины обозначались  $A_{эф теор min}$ ,  $A_{эф теор max}$  и представлены в таблице 3. В этой же таблице приведены результаты сопоставления величин  $A_{эф эксп}$  и  $A_{эф теор}$ , проводившегося с применением формулы

$$\delta_p = \frac{|A_{эф теор, p} - A_{эф эксп, p}|}{A_{эф эксп, p}} 100\%, \quad p = \min, \max. \quad (2)$$

Результаты сопоставления интервалов для  $A_{эф\text{эксп}}$  и  $A_{эф\text{теор}}$  указывают на применимость формулы (1) для большинства представленных строительных материалов.

Таблица 3

Результаты сопоставления интервалов для  $A_{эф\text{эксп}}$  и  $A_{эф\text{теор}}$

| № | Материал               | $A_{эф\text{теор}}$ , Бк/кг |         | $\delta_{\min}$ , % | $\delta_{\max}$ , % |
|---|------------------------|-----------------------------|---------|---------------------|---------------------|
|   |                        | min                         | max     |                     |                     |
| 1 | Щебень                 | 223,018                     | 322,435 | 0,0081              | 0,1351              |
| 2 | Гранитный отсев        | 224,855                     | 332,377 | 13,5173             | 11,7985             |
| 3 | Гравий<br>керамзитовый | 117,61                      | 179,02  | 9,5308              | 7,1976              |
| 4 | Бетон                  | 95,96                       | 137,42  | 9,4717              | 5,7077              |
| 5 | Кирпич                 | 84,615                      | 198,65  | 25,1195             | 16,1696             |
| 6 | Глина                  | 166,35                      | 290,195 | 37,6966             | 2,1813              |
| 7 | Песок                  | 54,845                      | 97,535  | 19,3456             | 17,5120             |
| 8 | Плитка<br>керамическая | 169,99                      | 288,665 | 22,3790             | 3,0946              |
| 9 | Цемент                 | 70,065                      | 112,84  | 0,0929              | 1,6577              |

Видно, однако, что отклонение  $\delta$  для глины, кирпича и керамической плитки является значительным. Обнаруженное отклонение может быть связано, по мнению авторов, либо с различием экспериментальных значений по определению  $A_{y\partial}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$ , либо необходимостью индивидуального для конкретных строительных материалов подбора коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  в полиномиальном приближении

$$A_{эф} = A_{y\partial}Ra + \alpha A_{y\partial}Th + \beta A_{y\partial}K. \quad (3)$$

Значения  $\alpha$  и  $\beta$  определяются из анализа семейства прямых (рис.1) зависимости  $A_{эф} = A_{эф}(\Delta)$  для каждого из рассмотренных строительных материалов из таблиц 1-3, где нормировка интервалов для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  проводилась по формуле

$$\Delta = \left( \frac{A_{y\partial,i} - A_{y\partial,\min}}{A_{y\partial,\max} - A_{y\partial,\min}} \right)_m 100\%, \quad m = Ra, Th, K.$$

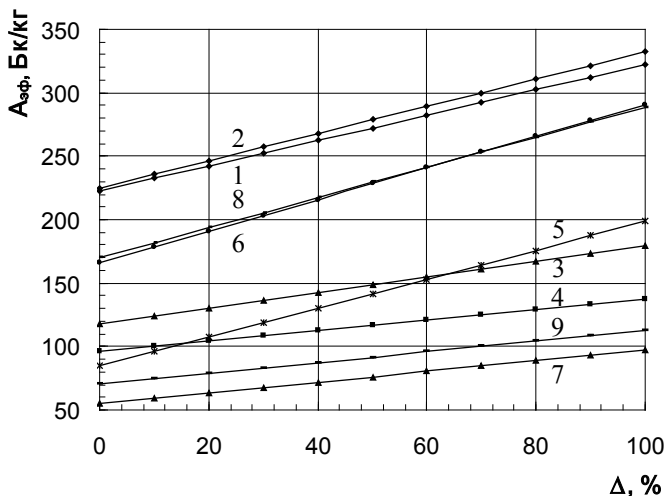


Рис. Изменение эффективной удельной активности строительных материалов  $A_{эф теор}$  в пределах нормированного интервала  $\Delta$

### Выводы

Изучалось влияние разброса удельной активности  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  некоторых строительных материалов на величину их эффективной удельной активности. Показано, что для большинства рассмотренных строительных материалов применима формула для расчета эффективной удельной активности, однако для глины, кирпича и керамической плитки обнаружено отклонение от этой формулы. Полученные результаты объясняются либо различием экспериментальных значений по определению  $A_{y\partial}$  для  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$ , либо необходимостью индивидуального для конкретных строительных материалов подбора коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  в полиномиальном приближении.

### Summary

The effect of the variation of specific activity  $Ra$ ,  $Th$ ,  $K$  some of the building materials on the value of the effective specific activity are studied. It is shown that for the majority of building materials considered

**applicable formula for calculating the effective specific activity, but for clay bricks and tiles found a deviation from this formula. The results are explained by a difference in the experimental values for the determination of specific activity  $R_a$ ,  $Th$ ,  $K$ , or the need of the individual for the specific building materials and the selection of coefficients in a polynomial approximation.**

### *Литература*

1. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09.2011 № 3715 –VI.
2. Сидельникова О.П. Радиационный контроль в строительной индустрии. М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2002. – 208 с.
3. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ – 97). – Киев: МОЗ, 1997. – 121 с.
4. Система норм и правил снижения уровня ионизирующих излучений радионуклидов в строительстве/ Государственные строительные нормы ДБН В.1.4 – 97. – Киев: Госкомградостроительства. – 1997. – 15 с.
5. Система норм и правил снижения уровня ионизирующих излучений радионуклидов в строительстве. Радиационный контроль строительных материалов и объектов строительства/ Пособие к ДБН В.1.4 – (0.01 – 2.01) – 97. – Киев: Госкомградостроительства. – 1997. – 78 с.
6. Закон Украины от 14.01.98 г. №15/98 – ВР «О защите человека от воздействия ионизирующих излучений».
7. Соколов И.А., В.Ф. Запрудин, А.С.Беликов и др.. Радиационное качество жилых зданий и пути его обеспечения. – Днепропетровск, 2007. – 279 с.
8. Лукутцова Н.П. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов / Н.П.Лукутцова. – Брянск: БГИТА, 2010, 210 с.