

ИЗУЧЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Р. Турсымуратов

Каракалпакский Государственный Университет имени Бердаха

Н.М. Косбергенова

Каракалпакский Государственный Университет имени Бердаха

<https://doi.org/10.5281/zenodo.8023006>

Аннотация. Показана необходимость проведения расчетов основных радиационных характеристик трёх выбранных типов бетонов. Установлено, что исследованные материалы могут быть рекомендованы в качестве заполнителей бетонов, используемых для сооружения жилых зданий, где воздухообмен не интенсивный.

Ключевые слова: источники облучения, гамма фон, гамма-спектрометрический метод, стек-эффект.

Введение

От всех природных источников облучения человек получает в среднем эквивалентную дозу, которая составляет 2,4 мЗв/год. Почти половину этой дозы вызывают радиоактивные газы – радон (^{222}Rn) и торон (^{220}Rn) и их дочерние продукты распада. Основную дозу облучения человек получает, вдыхая воздух в помещениях, где концентрация радона в 6 - 8 раз выше, чем во внешнем воздухе. Радиоактивность строительного камня зависит от многих факторов, среди которых необходимо отметить вид горной породы, использованной для производства стройматериалов; место добычи горной породы, а также вид отходов, задействованных на производство стройматериала в виде наполнителя или связующего. Радиоактивность строительных материалов является главной составляющей технологически измененного фона, существующего за счет перераспределения естественных радионуклидов (ЕР). Радиационные характеристики строительных материалов определяются их способностью к эманации радона и гамма-фоном в помещении.

Анализ публикаций

Гамма-спектрометрическим методом обнаружено присутствие ЕР ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K в строительных материалах и отходах производства. Экспериментально получены значения удельных активностей ЕР – С. Для отдельных радионуклидов значения С были выше, чем средние значения по СНГ и Украине. Провести сравнение строительных материалов по их радиационным свойствам можно с использованием величины эффективной удельной активности, рассчитываемой по формуле

$$C_{\text{эф}} = C_{\text{Ra}} + 1,3C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}$$

Сопоставление $C_{\text{эф}}$ с данными о радиоактивности горных пород, почв и земной коры показало, что средние значения $C_{\text{эф}}$ в изученных строительных материалах близки к средней величине $C_{\text{эф}}$ для почв и приблизительно в 1,5 раза ниже среднего значения для земной коры. Все исследуемые материалы относятся к I

классу радиационной опасности стройматериалов, используемых в строительстве без ограничений. Для них должно выполняться условие [1] $C_{эф.} \leq 370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Цель и постановка задачи

Целью работы является необходимость расчета радиационных характеристик выбранных бетонов.

Расчет основных радиационных характеристик бетона

Рассмотрено три возможных варианта бетона:

- смешанное цементно-шлаковое вяжущее и мелкий заполнитель-отработанная формовочная смесь (ОФС) ($C_{эф.ОФС} = 39,4 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ [2]);
- цементное вяжущее, смешанный мелкий заполнитель – шлак и ОФС; смешанное цементношлаковое вяжущее и мелкий заполнитель шлак.

Для некоторых образцов угольных шлаков Донецкого угольного бассейна величина $C_{эф.}$ значительно превышает среднюю $C_{эф.}$ по СНГ ($93 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$) и по Узбекистане ($106 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$) [2]. Использование таких угольных шлаков в качестве вяжущего и заполнителя может привести к повышению $C_{эф.}$ готового многокомпонентного бетона и к увеличению дозы облучения людей.

Величину годовой эффективной эквивалентной дозы γ -облучения $D_{пом.}$ рассчитывали по формуле [2]

$$D_{пом.} = 4,74 C_{эф.}, \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Формула выведена, исходя из оценки НКДАР ООН, что жители промышленно развитых стран 80 % времени проводят в помещениях.

Доза облучения людей на открытой местности рассчитывается по формуле [2]

$$\Delta D_{ЕР} = D_{пом.} - 3,28 C_{эф.}, \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Величину дозы, полученной за счет γ -излучения ЕР стройматериалов, $\Delta D_{ЕР}$, рассчитывали по разности [2]

$$\Delta D_{ЕР} = D_{пом.} - 305, \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1},$$

где $305 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ – это доза, которую получили бы люди, находясь весь год на открытой местности (для географических широт Узбекистан) [2]. Результаты расчетов показали, что $D_{пом.}$ и $\Delta D_{ЕР}$ достаточно велики и мало зависят от $C_{эф.}$ цементной составляющей, а в основном определяются активностью шлака. Для бетонов 2-го и 3-его видов превышено среднее значение $\Delta D_{ЕР}$ по СНГ $100 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ [2]. γ -излучение бетонов третьего состава превышает $\Delta D_{ЕР}$ в 4 раза и приближается к суммарной дозе за счет действия γ -излучения стройматериалов и эманации из стен изотопов радона ($350 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ [2, 3]). Оценка величины радоновыделения многокомпонентных бетонов проводилась по величине $C_{эф.Ра}$ ($C_{Ra} \cdot \eta$) и максимальной концентрации ^{222}Rn в порах образцов материалов $C_{Rn \max}$, рассчитываемой по уравнению [2]

$$C_{Rn \max} = \frac{C_R \cdot \rho \cdot \eta}{P}, \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3},$$

где ρ – плотность материала, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; η – коэффициент эманирования;

P – пористость образца, %. Не обнаружено превышения $C_{эф.Ра}$ для I класса радиационной опасности стройматериалов ($22,2 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$) [1, 2]. Величина $C_{Rn \max}$ определяет значение объемной активности радона в воздухе помещений, последняя, в свою очередь зависит от скорости воздухообмена. Концентрация радона в воздухе помещения C_{Rn} обычно составляет $0,01 C_{Rn \max}$, что связано со стек-эффектом и присутствием отходов в стройматериалах, главным образом, в виде добавок. Среднюю годовую тканевую (легочную) дозу облучения человека за счет радона ($D_{лег.}$) для неветилируемого помещения рассчитывали по формуле [4]

$$D_{лег.} = 5 \cdot 10^{14} \cdot C_{Rn}, \text{ бэр} \cdot \text{год}^{-1} = 1351,35 \cdot C_{Rn \max}, \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1},$$

где C_{Rn} , $\text{Ки} \cdot \text{л}^{-1}$; $C_{Rn \max}$, $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-3}$.

Легочная доза для вентилируемого помещения составляет [4]
 $D_{\text{лег.}} = 1,4 \cdot 10^{11} \cdot C_{\text{Rn}}$, бэр год⁻¹

Выводы

Рассчитанная $D_{\text{лег.}}$ не превышала среднее значение $D_{\text{лег.}}$ по СНГ (350 мкЗв·год⁻¹) [2], поэтому исследованные материалы могут быть рекомендованы в качестве заполнителей бетонов, используемых для сооружения жилых зданий, где воздухообмен не интенсивный. Основная опасность при использовании исследованных угольных шлаков будет связана не с величиной радоновыделения, а с повышенным γ -излучением ЕР стройматериалов.

Литература

1. Нормирование радиоактивности строительных материалов при разном виде их использования / Э.М. Крисюк, В. И. Карпов, П. Кляус и др. // Report SAAS - 250. – Berlin, 1979. – P.205 – 213.
2. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. – М.: Энергоиздат, 1989. – 120 с.
3. Крисюк Э. М. Нормирование радиоактивности строительных материалов//Гигиена и санитария. – 1980. – №12. – С.32–34.
4. Перцов Л.А. Ионизирующие излучения биосферы. – М.: Энергоиздат, 1973.
Рецензент: В.К. Жданюк, профессор, д.т.н., ХНАДУ. Статья поступила в редакцию 14 сентября 2006 г.