

УДК 628.518 : 539.16

Э.Б.ХОБОТОВА, д-р хим. наук, Л.В.ДМИТРИЧЕНКО, А.В.САМОКВИТ,
Ю.А.ШМЫРЕВА

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШЛАКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Определяются удельные и эффективные удельные активности естественных радионуклидов гамма-спектрометрическим методом, установлен класс радиационной опасности шлаков, используемых для изготовления стройматериалов. Оценена величина радоновыделения из готовых бетонов.

Безотходная технология стимулирует использование отходов промышленности для производства стройматериалов, что приводит к повышению их удельной активности, так как многие отходы концентрируют естественные радионуклиды (ЕР), результатом чего является повышение дозы γ -облучения людей. Однако сведения об уровнях облучения населения Украины за счет источников техногенно измененного радиационного фона очень немногочисленны.

Работу выполняли в рамках государственной программы охраны окружающей среды – 4-е направление научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

Анализ исследований [1-5] показал, что при использовании шлаков в многокомпонентных бетонах доза облучения человека формируется при одновременном действии трех факторов: γ -излучения ЕР стройматериалов, радоновыделения из пор стройматериалов и из почвы под зданием. Однако остаются достаточно ограниченными данные по радиоактивности стройматериалов, а именно они помогли бы радиационно ранжировать территории и провести радиационно-эмпирическую паспортизацию помещений с целью обеспечения радиационной безопасности населения.

Целью настоящей работы являлось исследование радиоактивности ЕР в отходах промышленности восточного региона Украины, используемых при изготовлении бетонов, расчет дозы γ -излучения ЕР, оценка возможной концентрации радона в воздухе помещения и точной дозы облучения.

Удельные активности радионуклидов определяли γ -спектрометрическим методом с полупроводниковым детектором [6]. Использовали два Ge(Li) коаксиальных детектора и спектрометрическая плата АЦП. Экспериментальные данные представлены в табл.1. Наряду с ЕР: ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K были обнаружены искусственные радионук-

лиды $^{134,137}\text{Cs}$. Содержание отдельных радионуклидов оказалось выше, чем средние значения по СНГ и Украине [3]. Так удельная активность ^{232}Th (C_{Th}) была выше средней C_{Th} по СНГ ($25,5 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) и по Украине ($33 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) в образцах угольных шлаков №4–11, 13-16. C_{Ra} образцов №3, 4-16 превышала среднюю C_{Ra} по СНГ ($26,6 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) и по Украине ($28 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). Сравнение угольных шлаков с доменными и шлаками ТЭС показало, что уровень C_{Th} в образцах №4-11, 13-16 выше, чем средняя C_{Th} в доменных шлаках ($25 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$), а в образцах №4, 10 – выше, чем C_{Th} в шлаках ТЭС ($63 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). По ^{226}Ra аналогичная ситуация по превышению C_{Ra} доменных шлаков в образцах №3, 4-16 ($23 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). Значение C_{Ra} в шлаках ТЭС ($72 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) не было превышено ни в одном образце.

Рассчитана эффективная удельная активность ЕР ($C_{\text{эф}}$), используемая для сравнительных оценок радиоактивности стройматериалов. $C_{\text{эф}}$ определяли по уравнению

$$C_{\text{эф}} = C_{\text{Ra}} + 1,31C_{\text{Th}} + 0,085C_{\text{K}}. \quad (1)$$

Расчетные данные представлены в табл.1, согласно которой все исследуемые материалы относятся к I классу радиационной опасности стройматериалов и могут использоваться в строительстве без ограничений. Для них должно выполняться условие [4]

$$C_{\text{эф}} \leq 370 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}. \quad (2)$$

Для образцов №4-16 величина $C_{\text{эф}}$ значительно превышает среднее значение $C_{\text{эф}}$ по СНГ ($93 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$) и по Украине ($106 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). Использование таких угольных шлаков в качестве вяжущего и заполнителя может привести к повышению $\bar{C}_{\text{эф}}$ готового многокомпонентного бетона и к увеличению дозы облучения людей. В табл.2 приведены результаты расчета $\bar{C}_{\text{эф}}$ с учетом массовых вкладов его составляющих по формуле

$$\bar{C}_{\text{эф}} = \frac{\sum (C_{\text{эф}})_i \cdot m_i}{\sum m_i}, \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}. \quad (3)$$

Рассмотрено три возможных варианта бетона: смешанное цементно-шлаковое вяжущее и мелкий заполнитель – ОФС; цементное вяжущее (Ц), смешанный мелкий заполнитель – шлак (Ш) и отработанная формовочная смесь (ОФС) ($C_{\text{эф,ОФС}}=39,4 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ [3]); смешанное цементно-шлаковое вяжущее и мелкий заполнитель – шлак.

Таблица 2 – Значения $C_{эф}$, бетона, $D_{пом.}$ и ΔD_{EP} для многокомпонентных бетонов: Ц (образец №3), Ш (№5)

№ п/п	Содержание компонентов, %		$\bar{C}_{эф},$ Бк · кг ⁻¹	$D_{пом.},$ мкЗв·год ⁻¹	$\Delta D_{EP},$ мкЗв·год ⁻¹
	вяжущее	заполнитель			
1	Ц : Ш 8 : 12	ОФС 80	57,1	270.8	-
2	Ц 7	Ш : ОФС 48 : 45	100,1	475	170
3	Ц : Ш 7 : 13	Ш 80	154	730	424

Величину годовой эффективной эквивалентной дозы γ -облучения $D_{пом.}$ рассчитывали по формуле [3]

$$D_{пом.} = 4,74 \bar{C}_{эф}, \text{ мкЗв·год}^{-1}, \quad (4)$$

а величину дозы, полученной за счет γ -излучения EP стройматериалов, ΔD_{EP} по разности [3]

$$\Delta D_{EP} = D_{пом.} - 305, \text{ мкЗв·год}^{-1}, \quad (5)$$

где 305 мкЗв·год⁻¹ – это доза, которую получили бы люди, находясь весь год на открытой местности (для географических широт Украины) [3].

Результаты расчетов показывают, что $D_{пом.}$ и ΔD_{EP} достаточно велики и мало зависят от $C_{эф}$, цементной составляющей, а в основном определяются активностью шлака. Наибольшие значения доз для третьего варианта, в котором суммарный вклад шлака 93%. В обоих случаях превышено среднее значение ΔD_{EP} по СНГ 100 мкЗв·год⁻¹ [3]. γ -излучение бетонов третьего состава превышает ΔD_{EP} в 4 раза и приближается к суммарной дозе за счет действия γ -излучения стройматериалов и эманирования изотопов радона из стен.

Исучаемые материалы оценивались по величине радоновыделения. При изготовлении многокомпонентных бетонов эманирование отдельных его компонентов не изменяется, поскольку не меняется их микроструктура. Это создает возможность оценивать вклад каждого компонента бетона в $C_{эф,Ra}$ и, следовательно, в скорость эманации ^{222}Rn , его объемную активность в воздухе и уровень облучения. Не было обнаружено превышение $C_{эф,Ra}$ ($C_{Ra} \cdot \eta$) для I класса радиационной опасности стройматериалов (22,2 Бк·кг⁻¹) [3] (табл. 1). Максимальную концентрацию ^{222}Rn в порах образцов материалов $C_{Rn \max}$ рассчитывали по уравнению [3]

$$C_{Rnmax} = \frac{C_{Ra} \cdot \rho \cdot \eta}{P}, \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}, \quad (6)$$

где ρ – плотность материала, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; η – коэффициент эманирования; P – пористость образца, %. Концентрация радона в воздухе помещения C_{Rn} составляет $0,01 C_{Rnmax}$, 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 ($D_{\text{лег.}}$) для невентилируемого помещения рассчитывали по формуле [5]

$$D_{\text{лег.}} = 5 \cdot 10^{14} \cdot C_{Rn}, \text{ бэр} \cdot \text{год}^{-1} = 1351.35 \cdot C_{Rnmax}, \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}, \quad (7)$$

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

Рассчитанная $D_{\text{лег.}}$ не превышала среднее значение $D_{\text{лег.}}$ по СНГ ($350 \text{ мкЗв} \cdot \text{год}^{-1}$) [3], поэтому исследованные материалы могут быть рекомендованы в качестве заполнителей для бетонов, используемых для сооружения жилых зданий, где воздухообмен не интенсивный.

Таким образом, удельные радиоактивности EP в стройматериалах и отходах не превышали нормы для I класса строительных материалов.

Рассчитанные на основе значений удельных активностей EP компонентов бетонов величины доз облучения человека за счет γ -излучения EP завышены. Величины радоновыделения и дозы D_{Rn} (легочной) от ингаляции радона в отсутствие вентиляции не превышают норму по СНГ. Следовательно, возможно использование изученных отходов производств в качестве заполнителей бетонов для строительства зданий с пониженным воздухообменом.

1.Шутенко Л.М. Міський житловий фонд: життєвий цикл і радіаційна безпека. – К.: Техніка, 2002. – 251с.

2.Крисюк Э. М. Нормирование радиоактивности строительных материалов // Гигиена и санитария. – 1999. – №12. – С.32 - 34.

3.Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. – М., 1999. – 120 с.

4.Крисюк Э.М., Карпов В.И. и др. Нормирование радиоактивности строительных материалов при разном виде их использования // Report SAAS - 250. – Berlin, 2000. – P.205-213.

5.Перцов Л.А. Ионизирующие излучения биосферы. – М., 1998. – 256 с.

6.Рывкин С.М., Матвеев О.А. и др. Полупроводниковые детекторы ядерного излучения // Полупроводниковые приборы и их применение: Сборник. Вып. 25. – М., 2001. – 286 с.

Получено 15.06.2004