

**ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ
РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗДАНИЯХ И
СООРУЖЕНИЯХ ПРИ ВЫБОРЕ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ**

**А. С. Беликов, д. т. н., проф., А. В. Степанова, асп.,
А. В. Пилипенко, к. т. н., доц., Л. А. Чередниченко, к. т. н., доц.**

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Проблема. Развитие человечества сопровождается постепенным отрывом его от естественной среды и все большим переходом в искусственную среду. Это ведет в эпоху кризиса техногенной цивилизации, основу которого составляет противоречие между человеком и природой, с одной стороны, и искусственной средой и человеком – с другой. Выходом из этого положения является решение задачи адаптации искусственной среды к природной путем минимизации величины дополнительных воздействующих факторов на окружающую среду человеком.

Цель работы. Оценить радиационную безопасность объектов строительства можно только с помощью защитных мероприятий для уменьшения регламентируемых радиационных параметров производства и снижения создаваемого ими радиационного воздействия на организм человека.

Основное содержание. Регламентируемыми радиационно-гигиеническими параметрами в помещениях зданий, определяющих величину внешней и внутренней составляющей эффективной дозы облучения, являются мощность поглощенной дозы (МПД_{пом}, мкГр/ч) и эквивалентная равновесная объемная активность радона-222 и его дочерних продуктов распада (ДПР) ЭРОА_{пом}, Бк/м³.

При этом величина МПД в помещениях зданий обусловлена гамма-излучениями радионуклидов строительных материалов ограждающих конструкций:

$$\text{МПД}_{\text{пом}} = f(A_{\text{эф.ок.пом}}), \quad (1)$$

Величина ЭРОА_{пом} – концентрацией радона-222 и его ДПР, создаваемой поступлением радона из подстилающего грунта $q_{\text{экс.гр}}$ и ограждающих конструкций $q_{\text{экс.ок}}$ в воздух помещений:

$$\text{ЭРОА}_{\text{пом}} = f(q_{\text{экс.гр}} q_{\text{экс.ок}}) \quad (2)$$

Регламентируемый радиационно-гигиенический параметр в помещениях здания - МПД, мкГр/ч, измеряется дозиметрами, которые должны иметь порог чувствительности не больше чем 0,09 мкГр/ч (или 10 мкР/ч), максимальный уровень зависимости регистрации от энергии излучения не должен превышать 30% в диапазоне от 3 кэВ до 3 МэВ [1]. Результат измерения МПД_{пом}, мкГр/ч, определяется по результатам трех измерений одним и тем же прибором:

$$\text{МПД}_{\text{пом.ср}} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \dot{D}_{\text{номи}} \quad (3)$$

Величина погрешности σ_x определяются по размаху результатов измерений

$$\sigma_x = \frac{МПД_{пом}^{max} - МПД_{пом}^{min}}{1,69} \quad (4)$$

Погрешность измерений $МПД_{пом}$ рекомендованными типами дозиметров [2] не превышает $\pm (10-15 \%)$.

Опасность для организма человека несет не только радиоактивный газ радон-222, но и его ДПР, к которым относятся полоний-218, свинец-214 и висмут-214. Это короткоживущие радионуклиды (период полураспада их от 3 до 27 минут); их распад сопровождается α - и β -излучениями большой мощности; в воздухе они находятся в аэрозольном состоянии; концентрация их в воздухе помещения при неизменной величине $\lambda v, c^{-1}$ достигает уровня радона-222 за время до трех часов (равновесное состояние); они обладают высокой радиотоксичностью. Создаваемая ДПР радона объемная активность в воздухе оценивается внесистемной единицей – «скрытой энергии» WL, МэВ/л, которая определяется по формуле [3]:

$$WL = \sum_{i=1}^3 E_{\alpha ДПРi} \quad (5)$$

где $E_{\alpha ДПРi}$ – энергия альфа-излучения i -го ДПР в единице объема воздуха, МэВ/л.

Величина скрытой энергии пропорциональна мощности эквивалентной дозы (МЭД), создаваемой ДПР радона в легочной ткани человека.

ДПР радона более чем на 80% определяют величину внутренней составляющей дозы облучения [3-5]. Регламентируемый радиационный параметр ЭРОА_{Рпн}, Бк/м³ учитывает степень равновесия концентрации радона и его ДПР в воздухе через коэффициент равновесия F_0 . Допустимому уровню ЭРОА_{Рпном}^{доп} = 50 Бк/м³ соответствует величина скрытой энергии ДПР, равная $2,2 \cdot 10^3$ МэВ/л.

Регламентируемый радиационный параметр, характеризующий внутреннюю составляющую эффективной дозы облучения – эквивалентная равновесная объемная активность радона ЭРОА_{Рпном}, Бк/м³, определяется соотношением [3]:

$$ЭРОА_{Рпном} = Av_{Рпном} \times F_{0Rn} = 0,1046 \times Av^{Po218} + 0,5161 \times Av^{Po214} + 0,3793 \times Av^{Bi214} \quad (6)$$

Из формулы 6 видно, что определение ЭРОА_{Рпном} возможно двумя методами: измерением $Av_{Рпном}$ и знанием величины коэффициента равновесия $F_0 = f(\lambda \delta)$; путем одновременного измерения объемной активности каждого из ДПР радона в воздухе исследуемого помещения.

Определение ЭРОА_{Рпном} возможно на основе измерения $Av_{Рпном}$ с помощью пассивных трековых радонометров (ПТР), нижний порог измерения которых снижается с увеличением времени экспонирования (рис.1) при $F_0 = 0,5$.

Радиометр «Alpha GUARD» предназначен для измерения объемной активности радона-222 в воздухе и в помещениях зданий. Диапазон измерения $Av_{Рпн}$ составляет от 3 до 30000 Бк/м³. Предел основной погрешности $\sigma_{осн}, \%$, при измерении объемной активности радона с доверительной вероятностью 0,95 рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{осн} = \sqrt{\left(\frac{200}{P \times \frac{t_{изм}}{20}}\right) + K^2 + M^2 + \left(\frac{200}{P}\right)^2}, \quad (7)$$

где: P – среднее значение показаний за время измерения $t_{изм}$, мин; K – погрешность калибровки, %, равная 2%; M – погрешность образцовых средств измерения используемых при поверке, %, (3-4%) .

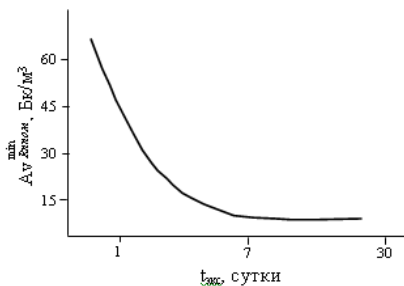


Рис.1. Зависимость измерения ПТР $Av_{Rппом}^{min}$ от времени экспонирования.

Зависимость $\sigma_{осн}$, %, от времени измерения $t_{изм}$, ч, при измерении $Av_{Rппом}$ в интервале от 50 до 200 Бк/м³ представлена на рис.2.

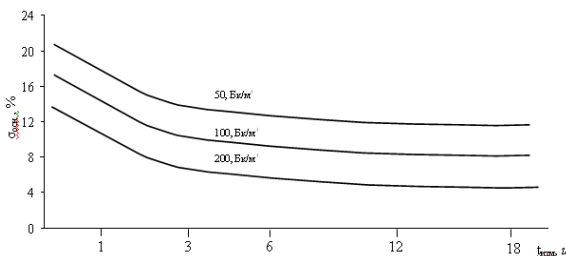


Рис.2. Зависимость $\sigma_{осн} = f(t_{изм})$ радиометра «Alpha GUARD»

Определение ЭРОА_{Рппом}, Бк/м³, также возможно на основе измерения $Av_{Rппом}$, Бк/м³, с помощью гамма-, бета-спектрометров, радиометров типа РГА-20П, РУБ—01П6 и пассивных диффузионно-сорбционных колонок (СК-13) [2, 4] при $F_0=0,5$.

Уменьшение нижнего порога измерения $Av_{Rппом}^{min}$ достигают за счет увеличения числа колонок типа СК-13 (рис.3).

Предел допускаемой основной относительной погрешности не более $\pm 30\%$.

Измерение $Av_{Rппом}$ осуществляется в два этапа:

- экспонированием в исследуемом помещении открытого с одного конца адсорбера в течение 2-7 суток;
- проведением измерений, заключающихся в определении прибавки к массе адсорбера за время экспозиции и активности сорбента по γ (β) – излучению короткоживущих ДПР.

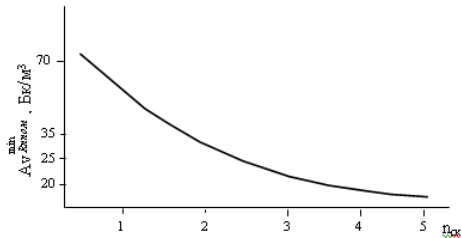


Рис.3. Зависимость $A_{\gamma Rn\text{ном}}^{\min} = f(t_{\text{пск}})$

Средняя прибавка к массе адсорберов (привес) m , г, за время экспонирования определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (m_{kj} - m_{nj}), \quad (8)$$

где: m_n и m_k – масса адсорбера перед и после экспонирования; n – число адсорберов, одновременно экспонирующихся в одном помещении.

Объемная активность радона в воздухе исследуемого помещения [5] определяется по формуле:

$$A_{\gamma Rn\text{ном}} = \frac{10^3 \times A_{\gamma} \times \text{exx}(\lambda_{\alpha Rn} \times t)}{n \times \exp[1,58 + 0,307 \times \ln(t_{\text{эксн}}) - 0,923 \times \sqrt{M} - 2,04 \sqrt{M} \times \exp(0,0438 \times t_{\text{эксн}})]} \quad (9)$$

Определение ЭРОА_{Rnном}, Бк/м³ (форм. 7) возможно измерением объемной активности каждого из ДПР радона аспирационным методом путем прокачки воздуха из исследуемого помещения. При этом на входном фильтре прибора происходит накопление ДПР радона. Измеряя активность ДПР, осевших на фильтре, можно определить объемную активность каждого из них.

Радиометр РГА-09 М предназначен для измерения объемной активности ДПР радона и определения ЭРОА радона в воздухе. Он имеет следующие технические характеристики: диапазон ЭРОА радона-222 - $5 \div 10^5$ Бк/м³; погрешность - $\pm 30\%$; объемная скорость прокачки воздухозаборного устройства - не менее 20 л * мин; время одного измерения ЭРОА_{Rn} по методу Маркова (Томаса) - 15 (20) мин.

От правильного выбора метода и типа приборов для измерения регламентированных радиационных параметров строительного производства, во многом, зависит достоверность полученных результатов исследований.

Для обеспечения радиационной безопасности объектов строительства необходимо решить общую задачу сочетания и выбора защитных мероприятий по уменьшению воздействия ионизирующих источников, которая удовлетворяет требованиям принципов НРБУ-97.

В комплексе защитных мероприятий по уменьшению воздействия ионизирующих источников строительного производства практически входят четыре группы защитных мероприятий:

$$Гр = (Гр_1, Гр_2, Гр_3, Гр_4), \quad (10)$$

где: Гр₁ – нормативно-правовая; Гр₂ – проектно-конструктивная; Гр₃ – технологическая; Гр₄ – техническая.

Каждая группа содержит набор защитных мероприятий $S^j = S_i$ по уменьшению регламентируемых радиационных параметров строительного производства ($i=1, \dots, 5$):

$$Гр_j \rightarrow S^j = S_i^j, \quad i = 1, \dots, \{5, j\} = 1, \dots, 4 \quad (11)$$

Защитное мероприятие каждой группы по каждому регламентируемому радиационному параметру оценивается показателями:

$$K_{осл}^j, \Delta H_{эф}^j, X_i^j \quad (12)$$

где: $K_{осл}^j$ - коэффициент ослабления защитным мероприятием j -ой группы по уменьшению величины i -го регламентируемого радиационного параметра строительного производства; $\Delta H_{эф}^j$ - величина предотвращенной дозы облучения при реализации защитного мероприятия j -ой группы по уменьшению величины i -го регламентируемого радиационного параметра строительного производства; X_i^j - стоимость реализации защитного мероприятия j -ой группы по уменьшению величины i -го регламентируемого радиационного параметра строительного производства.

Выводы. Проведенный анализ основных методов оценки радиационно-гигиенических параметров в зданиях и сооружениях при выборе защитных средств показал, что они обеспечивают, в основном, регулирование уровня радиационных параметров строительных видов сырья и изготавливаемых на их базе строительных изделий (конструкций). Полученные данные обеспечивают необходимую априорную информацию на региональном уровне для решения задачи обеспечения радиационной безопасности при проектировании здания на основе реализации защитных мероприятий проектно-конструктивной и технической групп.

Список использованных источников

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. – К.: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. - 121 с.
2. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ) ДСП 6.074.120-01 – К.: МОЗ, 2001. - 135 с.
3. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений / Крисюк Э. М. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 118 с.
4. Сидельникова О. П. Влияние активности естественных радионуклидов строительных материалов на радиационный фон помещений / Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д. – М.: Энергоатомиздат, 1996, 161 с.
5. Пилипенко А. В. Пути повышения радиационной безопасности объектов строительства на стадии их проектирования: дис. канд. техн. наук: 05.26.01 / Пилипенко Александр Владимирович. - Днепропетровск, 2004. – 151 с.