

УДК [(613.876 : 331.45) : 546.296](4/9)

ОЦЕНКА РАДОНОВОГО РИСКА ПОМЕЩЕНИЙ

*Орешкин М. В., **Калайдо А. В., **Дедов В. Г.

*УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

**ГЗ «Луганский университет имени Тараса Шевченко», г. Луганск, Украина

Введение. Человек с момента своего рождения находится под токсическим воздействием естественных и искусственных источников ионизирующего излучения. При этом вклад искусственных источников едва превышает 20% (медицинская доза – 20%, радиоактивные осадки – 0,4%, атомная энергетика – 0,1%), поэтому более обоснованно снижение уровня облучения от естественных источников, а не борьба за уменьшение выбросов атомных электростанций. Основным естественным источником является радон, на который приходится до 50% общей дозы или 75% дозы от естественных источников [1]. Облучение радоном возможно только на нижних этажах плохо проветриваемых помещений, его уровень вне помещений незначителен. Попадая в дыхательные пути, радон и его дочерние продукты, являющиеся альфа-излучателями, могут приводить к возникновению злокачественных новообразований. На данный момент радон признан вторым по тяжести фактором (после курения), приводящим к раку легкого [2].

Материалы и методы исследований. Целью исследования, проведенного кафедрой БЖД, охраны труда и гражданской защиты, Луганского университета имени Тараса Шевченко, являлась проверка соответствия указанным нормам учебных и служебных помещений.

Радон – единственный газообразный продукт в цепочках распада урана, тория и актиния. Он не имеет стабильных изотопов, его плотность в 7,5 раз больше плотности воздуха. В семействе урана образуется основной изотоп ^{222}Rn (радон) с периодом полураспада 3,825 дня; изотоп ^{220}Rn (торон) с периодом полураспада 55,6 с образуется в семействе тория; изотоп ^{219}Rn (актинон) с периодом полураспада 3,9 с образуется в семействе актиния. Из-за малого периода актинона его вклад в облучение можно не учитывать, поскольку он не успевает мигрировать на значительные расстояния, а радон по вкладу в общее облучение где-то в 20 раз превосходит торон, хотя дочерние продукты торона значительно более биологически активны.

С радиологической точки зрения интересен не сам радон, а его ДПР, на долю которых приходится до 98% эффективной эквивалентной дозы, получаемой сотрудниками в помещениях. Это тяжелые металлы, медленно выводящиеся из организма, их количество составляет 10 для радона, 7 для торона и 8 для актинона. Наибольший вклад в облучение организма имеют α -излучатели ^{218}Po , ^{214}Bi и ^{214}Po для радона и ^{216}Po , ^{212}Bi и ^{212}Po для торона, вклад β -излучателей пренебрежимо мал.

Основным источником радона является почва под зданием, увеличить объем его поступления может более низкая температура и более высокое давление снаружи. Этим объясняются суточные и сезонные вариации ЭРОА радона, которые во многом зависят от типа здания и почв под ним [3]. Общий вклад других механизмов (поступление с водой, газом и свежим воздухом, а также выделение из строительных материалов) редко превышает 15%.

Радон быстро приходит в равновесие с ДПР, поэтому в качестве характеристики его уровня принята эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), часто также используется объемная активность (ОА) радона, связанная с ЭРОА соотношением (1):

$$\text{ЭРОА} = k \cdot \text{ОА} \quad (1)$$

Если k не определен, его принимают равным 0,4 согласно рекомендациям [4]. Единицей измерения ЭРОА и ОА является беккерель на метр кубический ($\text{Бк}/\text{м}^3$).

Хотя с момента открытия радона прошло 114 лет, проблема обеспечения радонобезопасности зданий достаточно нова и находится в стадии развития. Более того, до середины 80-х годов даже не существовало норм содержания радона в

зданиях. На данный момент наиболее жесткие нормы ЭРОА радона в воздухе помещений приняты в Украине, где национальный контрольный уровень для строящихся зданий составляет 50 Бк/м³. Сравнительный анализ норм в странах, уделяющих серьезное внимание проблеме радоновой безопасности зданий приведен в таблица 1

Таблица - 1 Нормы ЭРОА радона в воздухе зданий

Страна	Существующие здания	Строящиеся здания
Украина	50	50
РБ и РФ	200	100
Швеция	100	100
Дания	200	200
Финляндия	400	100
США	80	-
Канада	400	-
Германия	200	-
Великобритания	200	50

Результаты исследований. В течение 2013-2014 учебного года авторами было произведено обследование нижних этажей всех без исключения помещений университета, находящихся на территории Луганска. На территории студгородка были проведены исследования в учебных корпусах № 1 (1939 год постройки, 4 этажа без цокольного, отсутствие монолитного фундамента); № 2 (1974 год постройки, 5 этажей, учебные аудитории и столовая на цокольном этаже) и № 3 (1997 год постройки, 7 этажей, фундамент, учебные аудитории на цокольном этаже); в трех студенческих общежитиях (1985 год постройки, 9 этажей, нежилой подвал) и в учебных мастерских (1955 год постройки, 2 этажа без подвала). Кроме того, были обследованы структурные подразделения Колледж технологий и дизайна и Высшее профессиональное училище, находящиеся в других частях города.

Измерения проводились в закрытых помещениях (не открывавшихся на протяжении минимум 24 часов) на нижнем этаже каждого здания независимо от их назначения. На каждом этаже обследовались 20% помещений, максимально удаленных друг от друга; при выявлении уровня ЭРОА более 50 Бк/м³ измерения проводились в каждом третьем помещении; при ЭРОА более 100 Бк/м³ обследовалось 50% помещений. Параллельно фиксировалась разность температур внутри и снаружи помещения, которая в дальнейшем будет использована для оценки максимальных уровней радона в помещениях. Результаты измерений представлены в таблица 2.

Измерения проводились экспресс-методом с помощью радиометра дочерних продуктов радона «АТЛЭШ-1М», измеряющего ЭРОА радона путем прокачки 200 л воздуха через аналитический фильтр, с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Большой объем прокачиваемого воздуха позволяет измерять ЭРОА от 5 Бк/м³, время измерения фона, прокачки и анализа активности фильтра одинаково и составляет 5 мин. Результат измерений выдается в виде среднего значения с указанием статистической погрешности. Прибор сертифицирован и прошел поверку в установленном порядке, измерение температур и давлений внутри и снаружи помещений выполнялось при помощи метеостанции.

Для расчета индивидуальной годовой эффективной эквивалентной дозы был использован конверсионный множитель 0,061 мЗв/год на 1 Бк/м³ ДПР радона. Коэффициент перехода от ЭРОА радона к риску развития рака легкого принимался равным $1,8 \cdot 10^{-5}$ мЗв (низкоуровневая экспозиция в домашних условиях). Тогда, в соответствии с линейной безпороговой теорией зависимости риска стохастических эффектов от дозы, линейный коэффициент радиационного риска равен (2):

$$k_{\text{лин}} = 0,061 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1} \quad (2)$$

Таблица 2 - Результаты измерений ЭРОА радона в воздухе помещений

Исследуемое помещение	ЭРОА _{ср} , Бк/м ³	ΔТ, °С	Инд. год. доза, мЗв	Случаев рака на 10 ⁵ человек
Уч. корпус № 1	34,0 ± 3,6	31,0	2,07	3,7
Уч. корпус № 2	53,0 ± 6,4	25,4	3,23	5,8
Уч. корпус № 3	65,6 ± 3,9	26,1	4,00	7,2
Уч. мастерские	42,0 ± 3,4	21,8	2,56	4,6
Общежития	47,0 ± 3,8	19,2	2,87	5,2
ВПУ	18,0 ± 4,2	- 3*	1,10	2,0
КТД				
- подвал адм. корп.	198 ± 3,8	-8,0	12,07	21,8
- подвал учеб. корп.	475,7 ± 14,1	- 2,2	29,02	52,3
- 1 этаж учеб. корп.	55,0	0,5	2,68	4,8
- общежитие подвал	98,7	1,5	6,02	10,9

* - отрицательная разность указывает на более низкую температуру в помещении, что характерно для измерений в теплое время года.

Заключение. В статье приведены результаты измерения активности радона в учебных и служебных помещениях Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. Произведен переход от ЭРОА радона к годовой дозе облучения, через которую определен риск возникновения канцерогенных новообразований у сотрудников университета.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие заключения:

- превышение установленной нормы в 50 Бк/м³ обнаружено только в двух помещениях с постоянным пребыванием людей: в студенческом деканате корпуса № 2 (91 Бк/м³) и лаборатории сопротивления материалов корпуса № 3 (88 Бк/м³), остальные помещения являются складскими или неиспользуемыми;
- многократное превышение уровня радона в подвальных помещениях КТД объясняется проходящим под ним разломом Северодонецкого наддвига, геологическая структура под остальными зданиями однородна;
- качественная естественная вентиляция подвалов общежитий позволяет обеспечить необходимый уровень по радону даже при отсутствии сплошного фундамента;

Литература. 1. Давыдов М.Г. Радиозкология: учебник для вузов / М. Г. Давыдов, Е. А. Бураева Л.В. Зорина. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 635 с. 2. World Health Organization (2009). WHO handbook on indoor radon. – Geneva: WHO, 2009. – 110 p. 3. Андреев А.И. Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения / А. И. Андреев, М. Б. Медведева. – Вестник ТОГУ; Физико-математические науки. – 2011. – № 3 (22). – С. 37-45. 4. ICRP, 1994. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. International Commission on Radiological Protection Publication 65. Pergamon. ICRP. 1994. 46 pages. SAGE Publications Ltd.