

Acta Ornithologica. – 2003. – Vol. 38 (2). – P. 103-110.

7. Dinevich L., Leshem Y., Gal A., Kapitanov A. Study of bird migration by means of the MRL5 radar // Sci. Israel Technol. Advantages. – 2000. – Vol. 2. – P. 94-104.

8. Moreau R.E. The Palaearctic-African bird migration system. Acad. Press, London and New York, 1972. – P. 26-32.

9. Richardson W.J., Gunn W.W.H. 1971. Radar observations of bird movements in East-Central Alberta // Canadian Wildlife Serv. Rep. Ser. – 1971. – Vol. 14. – P. 17-21.

10. Richardson W.J. Timing of bird migration in relation to weather: updated review. In: Gwinner E. (ed.). Bird Migration: Physiology and Ecophysiology. Springer, Berlin, 1990. – P. 78-101.



УДК (613.876:331.45):546.296

**А.В. Калайдо**  
A.V. Kalaydo

**ОЦЕНКА ВКЛАДА ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАДОНА  
В ГОДОВУЮ ДОЗУ ОБЛУЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ  
ЛУГАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО**

**THE ESTIMATION OF RADON DAUGHTER PRODUCTS' CONTRIBUTION TO THE ANNUAL  
RADIATION DOSE OF THE LUGANSK TARAS SHEVCHENKO STATE UNIVERSITY STAFF**

**Ключевые слова:** мощность эквивалентной дозы, ионизирующее излучение, радон, дочерние продукты распада, эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА).

Радон – радиоактивный газ, образующийся в процессе распада естественных изотопов урана или тория, содержащихся в почвах и породах земной коры. Радон-222 (радон) и радон-220 (торон) – основные изотопы, но 95% суммарной дозы внутреннего радонового облучения человека приходится на дочерние продукты распада (ДПР) радона-220. По результатам исследований Международной комиссии радиологической защиты (МКРЗ) облучение ДПР радона в помещениях признано второй по частоте причиной возникновения рака легкого после табакокурения. Количественной характеристикой содержания радона в воздухе помещений является эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), в РФ ее максимальное допустимое значение составляет 100 Бк/м<sup>3</sup> для новых зданий и 200 Бк/м<sup>3</sup> – для находящихся в эксплуатации. Исследования уровней радона в жилых помещениях европейских стран показали, что внутреннее облучение радонном и его короткоживущими продуктами распада составляет порядка 70% годовой эффективной дозы, получаемой человеком от всех (естественных и искусственных) источников ионизирующего излучения (ИИ). Представлены результаты радиологического мониторинга помещений Луганского государственного университета имени Тараса Шевченко, выполненные на основе аспирационно-го метода радиометром дочерних продуктов радона «АТЛЕСШ-1м». Произведена оценка вклада

ДПР радона в годовую эффективную дозу облучения. Полученные данные использовались при разработке радонозащитных мероприятий.

**Keywords:** dose equivalent rate, ionizing radiation, radon, daughter products, equivalent equilibrium volume activity (EEVA).

Radon is a radioactive gas occurring naturally as a decay product of natural uranium or thorium isotopes occurring in rocks and soils of the Earth's crust. Radon-222 (radon) and radon-220 (thoron) are the most common isotopes but 95% of the total internal radon radiation dose accounts for radon-222 daughter products. Naturally occurring radon isotopes indoors are considered to be the second major cause of lung cancer after tobacco smoking. The quantitative specification of radon levels in indoor air is the equivalent equilibrium volume activity (EEVA); the maximum allowable level in the Russian Federation is 100 Bq m<sup>3</sup> for new buildings and 200 Bq m<sup>3</sup> for the buildings being in operation. The radon level studies in the residential properties of the European countries have shown that internal radiation by radon and its short-lived daughter products accounts for about 70% of the effective dose from natural and artificial ionizing radiation sources. This paper presents the radiological monitoring results of the buildings of the Lugansk Taras Shevchenko State University; the studies were conducted with ATLESH-1m radiometer of radon daughter products using aspiration technique. The contribution of the radon daughter products in the annual effective dose was determined; the obtained data was used to develop the radon protective measures.

**Калайдо Александр Витальевич**, ст. преп., Луганский государственный университет им. Тараса Шевченко. E-mail: kalaydo18@mail.ru.

**Kalaydo Aleksandr Vitalyevich**, Asst. Prof., Lugansk Taras Shevchenko State University. E-mail: kalaydo18@mail.ru.

**Введение**

Радон – химический элемент с порядковым номером 86 нулевой группы периодической системы, один из наименее распространенных элементов на Земле [1]. Это благородный радиоактивный одноатомный газ без цвета и запаха, не имеющий стабильных изотопов и образующийся в процессе распада естественных изотопов урана или тория, содержащихся в почвах и породах земной коры [2]. Из 19 известных изотопов естественными являются  $^{222}\text{Rn}$  (радон),  $^{220}\text{Rn}$  (торон) и  $^{219}\text{Rn}$  (актинон), а также короткоживущий  $^{218}\text{Rn}$ , входящий в побочную ветвь семейства урана с коэффициентом ветвления  $2 \cdot 10^{-7}$  [3].

Величина и структура годовой дозы облучения человека источниками ИИ зависят от ряда факторов, вклад в нее короткоживущих дочерних продуктов распада радона-220 ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Po}$ ) превышает 50%, а на радоноопасных территориях может достигать до 90%. Облучение ДПР радона признано второй по частоте (после табакокурения) причиной возникновения рака легкого [4].

**Целью** радиологического исследования помещений университета было определение среднегодовой величины ЭРОА, изучение вклада отдельных источников ИИ в формирование годовой дозы облучения сотрудников университета.

**Объекты и методы исследования**

Радиологическое исследование, проведенное в 2014-2015 гг. в Луганском государственном университете имени Тараса Шевченко, включало в себя измерения ЭРОА радона в помещениях университета; мощности эквивалентной дозы гамма-излучения строительных материалов в этих же помещениях; мощности эквивалентной дозы на территории университета, состоящей из МЭД космического излучения и излучения радионуклидов почвы.

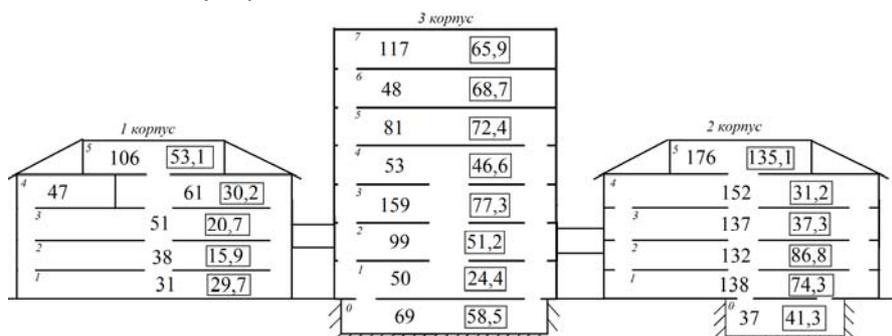
Было произведено обследование помещений университета, находящихся на территории студгородка (учебные корпуса № 1-3; студенческие общежития № 3-5; учебные мастерские) и в помещениях Колледжа технологий и дизайна и Высшего профессионально-

го училища, находящиеся в других частях города. Измерения проводились в закрытых (не открывавшихся не менее 24 ч) учебных и служебных помещениях. На каждом этаже обследовались 20% помещений, при превышении уровня в  $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$  измерения проводились в каждом третьем помещении, а при ЭРОА свыше  $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$  обследовалось 50% помещений. В целом было обследовано 175 помещений университета и структурных подразделений, в которых было проведено более 750 измерений.

Измерения МЭД гамма-излучения на открытой местности проводились на высоте 1 м датчиком, установленным в рамках программы «Народный мониторинг». Измерение ЭРОА радона в воздухе помещений проводилось на средней высоте расположения органов дыхания экспресс-методом с радиометром ДПР радона «АТЛЕС-1М», измеряющим ЭРОА радона путем прокачки 200 л воздуха через аналитический фильтр с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Исследования динамики ЭРОА радона проводились параллельно этим же радиометром в режиме циклических измерений с периодичностью в 1 ч. Мощность гамма-излучения в помещениях ( $\text{МЭД}_{\text{пом}}$ ) измеряли поисковым дозиметром гамма-излучения «Ритм-1М» ДБР-02, аттестованным в диапазоне 0,01 мкЗв/ч. Все используемые приборы были сертифицированы и прошли проверку в порядке, установленном законодательством.

**Результаты исследований**

Значительный интерес представляет вопрос о распределении уровней радона по этажам зданий. На данный момент доминирует точка зрения, что радон – проблема нижних этажей [5-7], хотя в ряде работ отмечены высокие значения ЭРОА радона на верхних этажах [8]. Подобные различия могут быть объяснены существенным влиянием конструктивных особенностей зданий. На рисунке показано распределение уровней радона по этажам учебных корпусов 1-3, полученное в результате радиационного мониторинга.



**Рис. Распределение уровней радона по этажам в коридорах и в закрытых помещениях (в прямоугольнике)**

Таблица 1

**Результаты радиологического исследования**

Исследуемое помещение	ЭРОА <sub>ср</sub> , Бк/м <sup>3</sup>	МЭД <sub>РН</sub> , мЗв/год	МЭД <sub>пом</sub> , мкЗв/ч	МЭД <sub>гер</sub> , мкЗв/ч
Уч. корпус № 1	34,0	2,07	0,113	0,145
Уч. корпус № 2	53,0	3,23	0,082	
Уч. корпус № 3	65,6	4,00	0,121	
Уч. мастерские	42,0	2,56	0,106	
Общежития 3-5	47,0	2,87	0,048	
ВПУ	18,0	1,10	0,102	0,142
КТД	206,7	12,6	0,125	0,143
<i>В среднем по университету</i>	<i>66,6</i>	<i>4,06</i>	<i>0,100</i>	<i>0,143</i>
Эквивалентная доза от источника	-	3,550 мЗв/год	0,767 мЗв/год	0,157 мЗв/год

Таблица 2

**Вклад различных источников в формирование годовой дозы**

Тип источника ИИ	МЭД, мЗв/год	Вклад в общую дозу, %
<sup>40</sup> K (внутреннее облучение через органы пищеварения)	0,300	5,7
Внутреннее облучение органов дыхания ДПР радона	3,550	68,6
Космическое излучение	0,033	0,6
Гамма-излучение строительных материалов	0,767	14,8
Гамма-излучение грунта	0,124	2,4
Медицинская доза	0,400	7,9

Сравнительный анализ в 17 случаях из 19 показал более высокие значения ЭРОА в коридорах, чем в закрытых помещениях на данном этаже. Причиной тому может быть различие механизмов поступления радона: в аудитории он поступает только из строительных материалов, тогда как в коридоры – еще и из почвы под зданием.

При пересчете ЭРОА радона в годовую эффективную эквивалентную дозу был использован конверсионный множитель 0,061 мЗв/год на 1 Бк/м<sup>3</sup> ДПР радона (низкоуровневая экспозиция в домашних условиях). Среднее число часов в году – 8766, при определении годовой эквивалентной дозы предполагалось, что вне помещений человек проводит 3 ч в сутки. Результаты проведенных радиологических исследований представлены в таблице 1.

При определении структуры облучения человека МЭД космического излучения для Луганска (49° с.ш., 100 м над уровнем моря) принималась равной 0,033 мЗв/год, а величина внутреннего облучения от инкорпорированного нуклида <sup>40</sup>K – 0,300 мЗв/год [2].

Наибольший вклад в коллективную дозу от источников медицинского назначения вносят диагностические обследования, самым распространенным видом ИИ в диагностике являются рентгеновские лучи. На каждую тысячу жителей приходится 600-700 флюорографических обследований в год, не считая

рентгеновских обследований зубов, грудной клетки и брюшной полости.

На данный момент на одного человека приходится медицинская доза облучения порядка 0,4 мЗв/год, которая постепенно снижается по мере совершенствования диагностического оборудования и методик лечения. В таблице 2 представлены результаты оценки структуры годовой дозы сотрудников университета.

**Заключение**

Значения ЭРОА радона по этажам зданий сопоставимы с национальным контрольным уровнем для зданий, находящихся в эксплуатации (200 Бк/м<sup>3</sup>), хотя и не превышают его. На долю ДПР радона приходится порядка 70% годовой дозы, в целом же в закрытых помещениях сотрудники университета получают более 80% дозы. Исходя из полученных результатов, снижение ЭРОА радона является наиболее эффективным мероприятием по снижению дозовой нагрузки на сотрудников университета.

**Библиографический список**

1. Очкин А.В., Бабаев Н.С., Магомедбеков Э.П. Введение в радиоэкологию: учебное пособие для вузов. – М.: ИздАТ, 2003. – 200 с.
2. Давыдов М.Г., Бураева Е.А., Зорина Л.В. Радиоэкология: учебник для вузов. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 635 с.

3. Яковлева В.С. Методы измерения плотности потока радона и торона с поверхности пористых материалов: монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 174 с.

4. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. National Research Council (US) Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V). – Washington (DC): National Academies Press (US); 1990.

5. Bucci S., Pratesi G., Viti M.L., et. al. Radon in workplaces: first results of an extensive survey and comparison with radon in homes // Radiation Protection Dosimetry. – 2011. – Vol. 145 (2-3). – P. 202-205.

6. Valmari T., Arvela H., Reisbacka H. Radon in Finnish apartment buildings // Radiation Protection Dosimetry. – 2012. – Vol. 152 (1-3). – P. 146-149.

7. Cross-Canada Survey of Radon Concentrations in Homes. Final Report: March, 2012. – Publications Health Canada, Ottawa, Ontario. – 48 p.

8. Кургуз С.А. Влияние физических свойств радона на его распределение внутри зданий и помещений // Радиозкология XXI века: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 14-16 мая 2012 г.). – Красноярск: СФУ, 2012. – С. 145-150.

#### References

1. Ochkin A.V., Babaev N.S., Magomedbekov E.P. Vvedenie v radioekologiyu.

Uchebnoe posobie dlya vuzov. – M.: IzdAT, 2003. – 200 s.

2. Davydov M.G., Buraeva E.A., Zorina L.V. Radioekologiya: uchebnik dlya vuzov. – Rostov n/D: Feniks, 2013. – 635 s.

3. Yakovleva V.S. Metody izmereniya plotnosti potoka radona i torona s poverkhnosti poristykh materialov: monografiya. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. – 174 s.

4. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. National Research Council (US) Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V). – Washington (DC): National Academies Press (US); 1990.

5. Bucci S., Pratesi G., Viti M.L., et. al. Radon in workplaces: first results of an extensive survey and comparison with radon in homes // Radiation Protection Dosimetry. – 2011. – Vol. 145 (2-3). – P. 202-205.

6. Valmari T., Arvela H., Reisbacka H. Radon in Finnish apartment buildings // Radiation Protection Dosimetry. – 2012. – Vol. 152 (1-3). – P. 146-149.

7. Cross-Canada Survey of Radon Concentrations in Homes. Final Report: March, 2012. – Publications Health Canada, Ottawa, Ontario. – 48 p.

8. Kurguz S.A. Vliyanie fizicheskikh svoistv radona na ego raspredelenie vnutri zdanii i pomeshchenii // Radioekologiya XXI veka: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Krasnoyarsk, 14-16 maya 2012. – Krasnoyarsk: SFU, 2012. – S.145-150.

