

проявляются и отрицательно влияют на состояние пациента, а также уменьшить отрицательное влияние незапланированных отклонений при проведении процедуры лечения. Конечной целью является улучшение качества лечения и безопасности пациента.

К сожалению, практика показывает, что избежать полностью случайных ошибок и происшествий при проведении процедур лучевой терапии невозможно, однако важно организовать работу таким образом, чтобы не допускать закономерных и повторяющихся инцидентов и потенциальных происшествий. Анализ зарегистрированных происшествий и внедрение в процесс лечения мер по предотвращению повторения подобных ситуаций способствует улучшению радиационной безопасности отделения лучевой терапии и увеличивает шансы избежать в дальнейшем ситуаций, способных негативным образом повлиять на качество лучевого лечения пациентов отделения лучевой терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. /под общей ред. М.Ф. Киселёва. –М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.– 344 с.
2. Костылев, В.А. Медицинская физика / В. А. Костылев, Б. Я. Наркевич –М.: Медицина, 2008. – 464 с.
3. Safety Reporting and Learning System for Radiotherapy (SAFRON) [Electronic resource] . – Mode of access: <https://rprop.iaea.org/SAFRON/>. – Date of access: 15.03.2021.
4. Sherman, H. Towards an international classification for patient safety: the conceptual framework, / H. Sherman, G. Castro, et al. // Int J Qual Health Care. – 2009; Vol. – 21, iss. 2. – P. 8.
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Lessons learned from accidents in radiotherapy. Safety Reports Series No. 17. – Vienna : IAEA, 2000. – 95 p.

РАДОН В ВОЗДУХЕ ЗДАНИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ RADON IN AIR OF PREMISES IN SETTLEMENTS OF VITEBSK REGION

**И. В. Жук¹, Ж. А. Лукашевич¹, Т. В. Лисянович¹,
Л. Л. Василевский¹, Д. А. Хакимов¹, А. В. Сосновский²**

**I. Zhuk¹, J. Lukashevich¹, T. Lisyanovich¹,
L. Vasileuski¹, D. Hakimov¹, A. Sosnovskiy²**

¹Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларусь,
Минский р-н, Республика Беларусь
lab13@sosny.bas-net.by

²Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

*¹Joint Institute for Power and Nuclear Research – Sosny of National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk region, Republic of Belarus*

²Education institution «Belarusian State Medical University» Minsk, Republic of Belarus

Систематические исследования по мониторингу радона в воздухе помещений в Республике Беларусь проводятся научным учреждением «ОИЭЯИ-Сосны» с 2002 г. В данной работе представлены результаты мониторинга радона в воздухе помещений в населенных пунктах Витебской области в октябре 2016 г. – феврале 2017 г. В Республике Беларусь не менее 40 % территории является потенциально радоноопасной. Это обуславливает необходимость проведения систематических радиометрических исследований.

The systematic radon monitoring in the air of premises in the Republic of Belarus has been carried out by the scientific institution “JIPNR-Sosny” since 2002. The results of radon monitoring in the air of premises in the Vitebsk region since October 2016 till February 2017 are presented. At least 40 % of the territory of the Republic of Belarus is potentially radon-hazardous. This makes systematic radon monitoring a necessity.

Ключевые слова: радон, эквивалентная равновесная объемная активность, Витебская область, твердотельные трековые детекторы.

Keywords: radon, equivalent equilibrium volumetric activity, the Vitebsk region, solid state track detectors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-259-263>

В настоящее время большое внимание международных и общественных организаций уделяется обсуждению и разработке подходов к обеспечению защиты населения от природного радона. Во многих странах мира

(Швеция, Великобритания, Германия, Бельгия, США, Россия и др.) в течение последних 30–40 лет проводятся систематические радионометрические исследования и повторяются ввиду многофакторной зависимости объемной активности радона от климатических, метеорологических и других условий с различной периодичностью [1]. Всемирная организация здравоохранения отнесла радон к соединениям, классифицируемым как канцероген для легких человека. Радон является вторым по значимости (после курения) фактором риска возникновения легочной онкологии. По разным оценкам авторитетных международных организаций, от 3 % до 14 % случаев рака легких обусловлено облучением населения дочерними продуктами распада радона в жилищах. Учитывая данные обстоятельства, ограничение облучения населения радоном является важной научно-практической задачей, решение которой выходит за рамки исключительно радиологических аспектов и приобретает большое значение для здравоохранения [2].

В Республике Беларусь систематические исследования по мониторингу радона в воздухе помещений проводятся научным учреждением «ОИЭЯИ-Сосны» (в том числе совместно с другими организациями) с 2004 г. и продолжаются до настоящего времени. В Беларуси не менее 40% территории является потенциально радиоопасной, поскольку радон может поступать в помещения, расположенные в зонах тектонических разломов.

Облучение радоном относится к ситуации существующего облучения, поскольку его источником являются неизмененные концентрации урана-238, радия-226, которые встречаются в природе в почвах и горных породах. В результате распада радия-226 образующийся радон эманирует из земной коры и вследствие этого присутствует в атмосферном воздухе и внутри всех зданий, в том числе на рабочих местах. Наблюдается значительная вариабельность объемной активности радона в воздухе помещений, обусловленная главным образом геологией территории и факторами, влияющими на разницу давлений снаружи и внутри здания (скорость воздухообмена, отопление здания и метеорологические условия). Тогда как объемная активность радона, поступившего из почвы, быстро разбавляется в наружном воздухе, в закрытых помещениях этого не происходит и в зависимости от скорости вентиляции газообразный радон может накапливаться в здании. Деятельность человека может создавать или изменять пути поступления радона в помещения с помощью профилактических или корректирующих действий, т. е. мер противорадоновой защиты. Поэтому важным является проведение мониторинга радона в помещениях на основании разработанной стратегии и тактики [2].

На основании определений объемной активности радона в четвертичных отложениях, породах платформенного чехла и фундамента автором работ [3] построена схема районирования территории Беларуси по степени радиономной опасности покровных отложений (грунтов), содержание газа в которых в значительной степени влияет на его поступление в жилые и производственные помещения. Выделено пять типов территорий: потенциально радиоопасные, потенциально радиоопасные на отдельных площадях, потенциально радиоопасные на локальных участках, относительно радионебезопасные и радионебезопасные. Потенциально радиоопасные покровные отложения, составляющие около 2 %, встречаются в Гродненской, Витебской и Могилевской областях (объемная активность радона составляющих пород чехла и фундамента изменяется от 40 000 до 70 000 Бк/м³ и более). Другие типы радиоопасных грунтов распространены значительно шире и составляют: потенциально радиоопасные на отдельных площадях – 15 % (значительная часть находится на территории Витебской области), потенциально радиоопасные на локальных участках – 40 %, относительно радионебезопасные – 35 % и радионебезопасные – 8 % территории Беларуси.

По данным, полученным научным учреждением «ОИЭЯИ-Сосны» до 2015 г., составлена карта радиономной опасности территории Республики Беларусь [4], согласно которой наблюдается существенная неоднородность в распределении концентрации радона по территории Беларуси. Пятна с потенциальным критическим уровнем радиономной опасности (200–400 Бк/м³) расположены на территории Витебской, Могилевской и Гродненской областей. Проведенный сравнительный анализ карты загрязнения территории Беларуси радиоцезием и картограммы потенциальной радиоопасности территории показал, что чернобыльское загрязнение и уровень радиоопасности территории являются разнонаправленными. Так, территории Витебской, Могилевской и Гродненской областей являются наименее загрязненными радиоцезием, поэтому зачастую дозы облучения населения от чернобыльских радионуклидов значительно меньше, чем уровень облучения от радона.

В соответствии с рекомендациями Международной Комиссии по Радиационной Защите измерения объемной активности радона в воздухе помещений Республики Беларусь проводились интегральным методом пассивной трековой радиометрии с использованием твердотельных трековых ядерных детекторов альфа-частиц согласно методике [5]. В качестве детекторов использовалась нитроцеллюлозная пленка LR-115, тип 2, производства фирмы DOSIRAD (Франция), позволяющая применить относительно простой искровой способ счета треков на детекторах. При проведении мониторинга радона в воздухе зданий в Беларуси использовались интегральные трековые радиометры радона.

Интегральный метод пассивной трековой радиометрии измерения объемной активности радона имеет следующие преимущества: обеспечивает возможность одновременных массовых исследований помещений; обеспечивает получение информации о средней концентрации радона, интегрированной за длительный период экспозиции детекторов (до месяца и более), что позволяет учесть сезонные колебания экскальации радона из почвы и реальные режимы эксплуатации помещений (частоту проветривания помещений, условия вентиляции и др.);

обеспечивает возможности экспрессного снятия информации с десятков и сотен тысяч детекторов; надежное сохранение информации во время длительных экспозиций.

Измерение объемной активности радона в воздухе помещений согласно методике [5], включает следующую последовательность операций: подготовка радонометров к экспонированию в воздухе исследуемых помещений; размещение радонометров в исследуемых помещениях; экспонирование радонометров в воздухе выбранных помещений; сбор радонометров после окончания экспонирования; разрядка радонометров для последующей обработки твердотельных детекторов; химическая обработка (травление твердотельных детекторов; подсчет числа импульсов и определение плотности треков на твердотельных детекторах; расчет объемной активности радона в воздухе. Время экспозиции составляет 2–3 месяца. Большинство измерений проводится в холодный сезон и на первых этажах зданий.

Химическая обработка трековых детекторов (травление) и автоматический подсчет треков на детекторах после экспозиции интегральных пассивных радонометров в воздухе исследуемых помещений проводилась с использованием комплекса средств измерений объемной активности радона (КСИОАР), разработанного в Радиевом институте им. И.В. Хлопина. Комплекс средств измерений интегральной объемной активности радона (ОА) в воздухе трековым методом (КСИОАР 01) представлен на рис. 1.



Рис.1 - Фотография прибора для травления трековых детекторов - термостат ТРАЛ-1 (1- травильное устройство; 2-электронный блок), прибора для автоматического искрового счета треков АИСТ-2В (3) и радонометра (4)

Для получения представляемых в настоящей работе данных организованы и проведены в октябре 2016 г.– феврале 2017 г. полевые экспедиции в 36 населенных пунктах 9 административных районов Витебской области для размещения, длительной экспозиции радонометров (1–3 месяца).

При выборе населенных пунктов учитывались следующие критерии: разнообразие строительных материалов зданий (дерево, кирпич, бетон и др.), их тип (жилые, административные, детские и др.), этажность (преимущественно одноэтажные жилые дома старой постройки, первый этаж многоэтажных зданий), а также выбирались те населенные пункты, в которых мониторинг радона ранее не проводился.

Общее количество обследованных помещений составило 264. Среди них 228 жилых и 36 общественных и производственных помещений. Основную часть (73,1 %) составляли одноэтажные сельские здания. Из общего количества обследованных зданий 23,5 % изготовлены из дерева, 59,1 % – из минерального сырья (кирпич, блоки, панель, бетон и т. п.), 17,4 % – из смешанных материалов (дерево, обложенное кирпичем, щиты и т.п.). 20,1 % зданий из обследованных имели центральное отопление, 26,9 % – печное и 52,7 % – местное (водяное, паровое, газовое).

Измеряемой величиной при мониторинге радона в помещениях является объемная активность радона (OA_{Rn}). Нормируемым в Республике Беларусь параметром является среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона (\overline{EPOA}_{Rn}), которая в эксплуатируемых жилых зданиях не должна превышать $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$. При превышении указанного значения \overline{EPOA}_{Rn} необходимо проведение противорадоновых мероприятий, направленных на снижение данного показателя.

С использованием измеренных значений OA_{Rn} и соответствующими методическими указаниями определены среднегодовые значения \overline{EPOA}_{Rn} для каждого помещения. В таблице 1 приведены данные по уровням OA_{Rn} и \overline{EPOA}_{Rn} в воздухе обследованных помещений районов Витебской области.

Гистограмма распределения значений \overline{EPOA}_{Rn} для зданий, расположенных в обследованных районах Витебской области, представлена на рис. 2, согласно которой основную долю составляют помещения, для которых \overline{EPOA}_{Rn} не превышает $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$.

Таблица 1 – Распределение значений OA_{Rn} и $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ в воздухе помещений населенных пунктов Витебской области

Административный район	Кол-во обследованных населенных пунктов, шт.	Объем выборки исследованных помещений, шт.	Значение OA_{Rn} , Bk/m^3		Значение $\overline{ЭРОA}_{Rn}$, Bk/m^3		Доля помещений с $\overline{ЭРОA}_{Rn}$, %	
			Среднее	Максимальное	Среднее	Максимальное	>100 Bk/m^3	>200 Bk/m^3
Россонский	4	40	136	405	69	201	23	3
Браславский	4	40	192	1620	97	793	25	5
Верхнедвинский	5	40	108	360	56	179	15	0
Глубокский	4	19	119	295	61	147	11	0
Шумилинский	2	7	91	135	48	69	0	0
Дубровенский	4	32	57	230	31	115	3	0
Толочинский	4	34	88	345	46	171	9	0
Оршанский	4	29	91	645	47	318	3	3
Полоцкий	5	23	107	335	58	167	13	0
В целом по Витебской области	36	264	115	1620	59	793	13	2

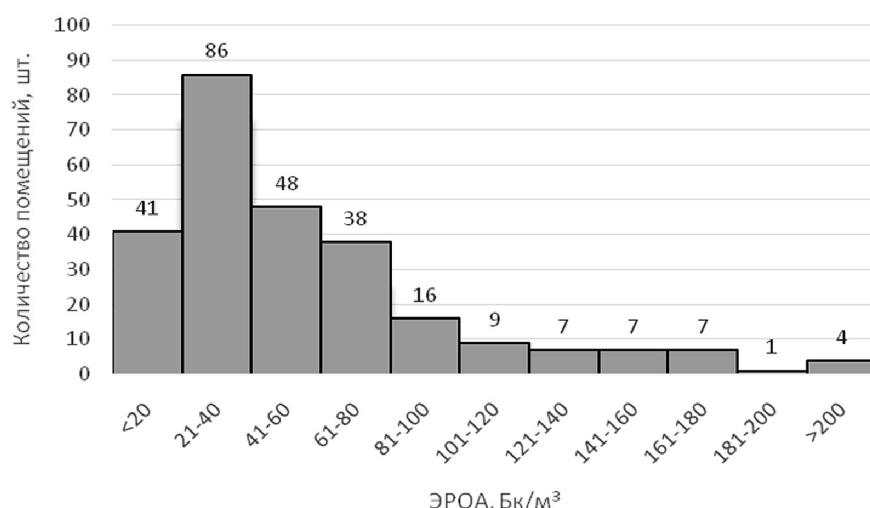


Рис. 2 – Гистограмма распределения значений $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ для зданий, расположенных в обследованных районах Витебской области

Полученные результаты исследований показывают, что средние значения $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ в обследованных административных районах Витебской области варьируют от 31 до 97 Bk/m^3 . Значения $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ более 100 Bk/m^3 зафиксированы в 35 помещениях, составляющих 13 % от общего количества обследованных помещений. Превышение нормируемого законодательством Республики Беларусь значения $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ более 200 Bk/m^3 наблюдается в 4 помещениях или в 2 % случаев. Такое превышение зафиксировано в жилых домах Россонского (201 Bk/m^3), Браславского (793 и 310 Bk/m^3) и Оршанского (318 Bk/m^3) районов. В указанных помещениях необходимо проведение противорадоновых мероприятий, направленных на снижение уровня объемной активности радона.

Для представленных в статье данных выполнена географическая привязка и пространственный анализ результатов измерений концентраций радона в жилых помещениях, что позволяет актуализировать карты уровней среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе жилых помещений на территории Беларуси.

По данным на 01.12.2020 общее количество обследованных зданий на территории Беларуси составляет 5543, из них 4264 – жилые дома. За 2016-2020 годы было обследовано 919 помещений расположенных в 207 населенных пунктах 46 районов всех областей Беларуси, выбранных для проведения измерений. Превышение нормируемого законодательством Республики Беларусь значения $\overline{ЭРОA}_{Rn}$ 200 Bk/m^3 зафиксировано в 125 (2,3 %) зданиях на территории Беларуси, из которых 83 помещения являются жилыми.

Проводимые на территории Беларуси радионовые исследования имеют важное социальное значение, поскольку направлены на формирование базы данных по уровням объемной активности радона в воздухе помещений.

ЛИТЕРАТУРА

- Исследования по проблемам радона в Беларуси и других странах Европы / О.И. Ярошевич [и др.] // Вестник ФФИ. – 2013. – № 4. – С. 101–117.
- Радон: здоровье, опасность, защитные мероприятия / А.К. Карабанов [и др.] // Наука и инновации. – 2013. – № 4 (122). – С. 63– 67.

3. Матвеев, А.В. Районирование территории Беларуси по степени радоновой опасности грунтов / А.В. Матвеев // Доклады НАН Беларуси. – 2016. – Т. 60, № 5. – С. 108–112.
4. Чуничин, Л.А. Карта радоновой опасности территории Республики Беларусь / Л.А. Чуничин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9. – № 4. – С. 43–46.
5. Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц: МВИ. № 1808-2002. – Минск, 2002. – 18 с.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ В ПИЩУ МЯСА ДИКИХ ЖИВОТНЫХ, ДОБЫТЫХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС

ESTIMATION OF HEALTH RISK FOR PERSON CONSUMING BUSHMEAT TAKEN AT THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

B. N. Калинин, B. N. Забродский

V. N. Kalinin, V. N. Zabrotski

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»
Хойники, Республика Беларусь
zapovednik.nauka@mail.ru*

*The state nature protection research establishment «Polesski state radiation-ecological reserve»
Khoiniki, Republic of Belarus*

Результаты исследования содержания ^{137}Cs в образцах мяса диких животных, добытых на территории зоны отчуждения в рамках охотничьих туров, показали, что эта величина может изменяться в широком диапазоне. На основе гигиенических нормативов с использованием дозовых коэффициентов были рассчитаны возможные дозы внутреннего облучения, связанные с употреблением (в соответствии с составом потребительской корзины) в пищу мяса диких животных, а также величины годового риска здоровью человека. При употреблении в пищу мяса диких животных, соответствующего гигиеническому нормативу, величина годового риска не превышает граничное значение обобщенного риска, равное $1,0 \times 10^{-5}$ год $^{-1}$ для населения.

According to the gamma-spectrometry analysis measurements of the bushmeat samples taken by hunters in exclusion zone ^{137}Cs activity concentration could reach the value of 3 kBq/kg. The probable effective doses of the internal irradiation of the bushmeat consumers were calculated according to the consumer basket and using the dose coefficients (dose per unit exposure). In case of the consumption of the bushmeat that meets the hygienic level the radiation risk of cancer mortality will not exceed the value of the generalised risk equal $1,0 \times 10^{-5}$ year $^{-1}$ for the population.

Ключевые слова: ^{137}Cs , дикие животные, зона отчуждения, пища, дозовые коэффициенты, риск, гигиенический норматив.

Keywords: ^{137}Cs , wild animals, exclusion zone, food, dose coefficient, risk, hygienic specification.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-263-266>

В связи со снятием антропогенной нагрузки в 30-км зоне создались благоприятные условия для развития растительного мира и восстановления животного мира. В заповеднике наблюдаются 61 вид млекопитающих, 233 вида птиц, включая 42 вида оседлых, 33 вида рыб, 7 видов рептилий, 11 видов земноводных. По данным учета численности диких животных, проведенного в начале 2020 года, на этой территории обитает 1224 лося, 1980 оленей, 704 косуль, 320 кабанов, около 100 волков.

Распоряжением Президента Республики Беларусь от 7 августа 2019 г. № 147 «О предоставлении охотничьих угодий» охотничьи угодья экспериментально-хозяйственной зоны предоставляются в безвозмездное пользование заповеднику для ведения охотничьего хозяйства. При этом к нормируемым видам охотничьих животных относятся лось, олень благородный, косуля европейская, бобр, выдра [1]. После добычи животного представитель охотпользователя (руководитель охоты – ведущий охотовед, егерь) осуществляет отбор проб мышечной ткани и доставляет их в лабораторию для определения содержания ^{137}Cs . По результатам измерения составляется протокол (ведомость испытаний), содержащий заключение о соответствии либо не соответствием предоставленного