

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошников, А. Ю. Радиационное и латеральное распределение цезия-137 в почвах фоновых ландшафтов степей юга западной Сибири / А. Ю. Мирошников, И. Н. Семенов, А. А. Усачева, А. В. Дергачева // Фундаментальные исследования. – 2014. - № 12. - С. 547-551.
2. Национальная Программа по борьбе с опустыниванием в Таджикистане. - Душанбе, 2000. – 184 с.
3. Муминов, С. В. Содержание цезия-137 в почвенном покрове Центрального и Южного Таджикистана / С. В. Муминов, Б. Б. Баротов, У. М. Мирсаидов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2021. - Т. 14. - № 2. – С. 66-71.
4. Мирсаидов, У. М. Сравнительная оценка распределения ^{137}Cs в почвенном покрове на территории Таджикистана / У. М. Мирсаидов, М. З. Ахмедов, Х. М. Назаров [и др.] // Радиация и риск. – 2023. - Т. 32. - № 4. - С. 24-34.

МОНИТОРИНГ РАДОНА НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАН RADON MONITORING IN TAJIKISTAN

**И. Мирсаидзода, С. В. Муминов,
С. Рахматшоев, М. А. Зоитова, У. М. Мирсаидов**
I. Mirsaidzoda, S. V. Muminov, S. Rakhmatshoev, M. A. Zoitova, U. M. Mirsaidov

*Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности
Национальной академии Таджикистана,
г. Душанбе, Республика Таджикистан,
ulmas2005@mail.ru*

*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety & Security Agency
of the National Academy of Sciences of Tajikistan,
Dushanbe, Republic of Tajikistan*

В статье приведены результаты измерения концентрации радона на территории Таджикистана. Было проведено исследование концентрации радона в жилых домах, зданиях дошкольных и школьных учреждений, а также вокруг урановых хвостохранилищ. Интегральным методом измерялись объемная активность радона с использованием трековых экспозиметров. Измерение осуществлялось в течение трех месяцев отопительного и трех месяцев теплого периода года. В ходе исследования были обследованы более 750 точек на территории республики Таджикистан. Представлены результаты расчета эквивалентной равновесной объемной активности радона в помещениях на разных этажах в отопительный и теплый периоды года.

The article presents the results of radon concentration measurements on the territory of Tajikistan. The radon concentration has been measured in the residential buildings, preschool and school buildings, as well as around uranium tailings dumps. The volumetric activity of radon has been measured by means of integral method using the track exposure meters. The measurements were carried out during three months of heating period and three months of warm period of the year. During the study, more than 750 points were studied on the territory of the Republic of Tajikistan. The results of equivalent equilibrium volumetric activity measurements of radon in rooms on different floors during the heating and warm periods of the year are considered.

Keywords: radon, volumetric activity, internal radiation dose, track detectors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-194-197>

Ключевые слова: радон, объемная активность, внутренняя доза облучения, трековые детекторы.

Известно, что основной вклад в дозу облучения населения создают природные источники ионизирующего излучения - гамма-излучение грунта, космические излучения и, главным образом, радон [1], поэтому особую значимость приобретает контроль уровней облучения населения в помещениях т. к. облучение человека радоном происходит, в основном, в помещениях. Содержание радона в воздухе помещений зависит от его содержания в почве и подстилающих породах, их эманерирующей способности, климатических условий конструкции зданий и системы их вентиляции и кратностью воздухообмена в помещении. Концентрации и потоки радона крайне неравномерны, они изменяются в очень широких пределах для различных регионов и видов зданий. По оценке Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) индивидуальная суммарная доза облучения варьирует от 0,5 до 100 от модального значения дозы, причем она превышает не только предел дозы для ограниченной части населения от искусственных источников ионизирующих излучений, но и может превышать предел дозы для профессионалов (20 мЗв/год) [2].

Целью данной работы являлось исследование радиационного фона, обусловленного радоном в помещениях зданий районов Республики Таджикистан, установление закономерности распределения радона в этих помещениях в зависимости от влияния различных факторов и расчёт средней индивидуальной годовой эффективной дозы облучения, обусловленной радоном и дочерними продуктами его распада.

Для измерения концентрации радона на территории Таджикистан были установлены пассивные трековые детекторы (экспозиметры). Данные пластиковые детекторы можно было использовать для проведения измерений в течении 2 – 6 месяцев, которые позволяют измерять уровень (объёмная активность) ОА радона от 15 до 25 000 Бк/м³. В части обследуемых помещений, помимо интегральных измерений ОА радона, проводилось и измерение гамма-фона. Измерение проводилось в течение трех месяцев, как в отопительный период, так и в теплый период.

При проведении измерений и обработке результатов были учтены следующие факторы: срок эксплуатации здания; этаж установки детекторов; время года; продолжительность измерений; условия вентиляции или частота проветривания помещений; среднее время нахождения людей в помещениях и мощность дозы гамма-излучения в помещениях. Экспозиметры в обследуемых помещениях размещали в местах, удаленных от окон и отопительных приборов на высоте 1,5–2 м над уровнем пола. Характеристики каждого объекта, помещений и экспозиметра фиксировались в специальном журнале и использовались для обработки результатов.

Исследование радона на территории Таджикистана заключалось из трех этапов: измерение радона на северной части, южной части и центральная часть. Обследованные здания находились в разных частях районов. Минимальное расстояние между исследуемых зданий составляло 5–7 км в каждом районе. Измерения были проведены как на первом, так и на втором этажах зданий (если существует) в помещениях, расположенных одно над другим. На каждом этаже было установлено по 2 экспозиметра, всего 4 экспозиметра на здание и где одноэтажное здание всего по 2 экспозиметра. Потери при сборе экспозиметров составили 1%. Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в обследованных помещениях, полученные с помощью спектрометра МКС-6102 производство Атомтех гамма-излучения при установке экспозиметров, находятся в интервале от 0,06 до 0,18 мкЗв/ч, среднее значение составило 0,12 мкЗв/ч. Значимых различий в результатах измерений амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в зависимости от типа здания и этажа не выявлено.

Исследование показало, что средняя эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА) радона в одних и тех же зданиях различаются в зависимости от периода года и этажа, на котором проводилось измерение. ЭРОА радона в теплый период гораздо ниже, чем в отопительный период, что обусловлено частотой проветривания помещений в теплый период года. Также ЭРОА радона в помещениях на втором этаже ниже, чем в помещениях на первом этаже, независимо от периода года.

Для проверки характера распределения ЭРОА радона по этажам и периодам года были построены гistogramмы частотного распределения полученных значений ЭРОА радона в объединённых массивах результатов измерений во всех обследованных помещениях на 1 и 2 этажах зданий (*рис.*) и рассчитаны средние геометрические значения (медианы).

Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений. Большая часть (процент) полученных статистических данных среднегодового значения ЭРОА радона на первых этажах зданий районов Хатлонской области лежит в пределах 70 Бк/м³, а на вторых этажах -60 Бк/м³.

Сопоставление значений ЭРОА радона с данными геологической структуры почвы места расположения этих зданий, закономерностей ощутимого влияния отдельных пород выявлены только вблизи урановых хвостохранилищах на севере Таджикистана. Максимальные содержания радона отмечены в отдельных зданиях пос. Старый Табошар (в настоящее время г. Истиклол), из величины находятся в диапазоне от 527 до 826 Бк/м³. Данный факт объясняется тем, что для постройки фундаментов этих зданий использовались горные породы с высокими содержаниями естественных радионуклидов (ЕРН), также значимым фактом, влияющим на такие высокие содержания радона, является отсутствие в отдельных зданиях вентиляции [3].

Значение средней индивидуальной годовой эффективной дозы внутреннего облучения за счет короткоживущих дочерних продуктов радона в воздухе рассчитывалось на основе полученных значений ЭРОА радона в воздухе помещений с использованием дозового коэффициента из отчетов НКДАР ООН за 2000 и 2006 гг., равного $9,0 \cdot 10^{-6}$ мЗв/(Бк·ч/м³) [4, 5].

На основе полученных медианных значений ЭРОА радона были рассчитаны значения индивидуальной годовой эффективной дозы облучения в помещениях районов Таджикистана (таблица). Полученные значения характеризуют эффективную дозу внутреннего облучения людей за счет ингаляции дочерних продуктов радона при нахождении в исследуемых помещениях в течение года.

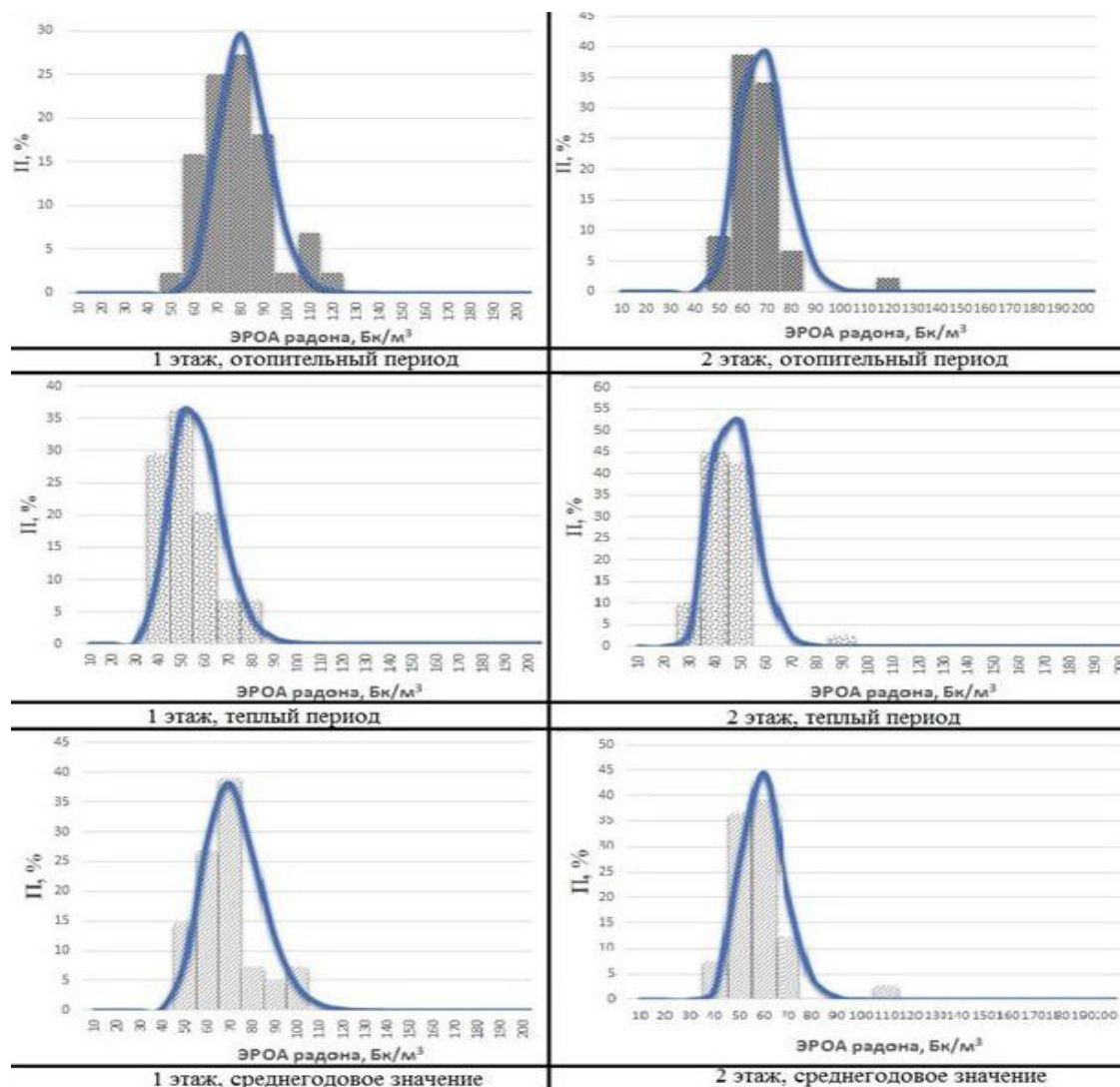


Рисунок – Распределение значений ЭРОА радона в массивах результатов измерений во всех обследованных помещениях на 1 и 2 этажах зданий. Огибающие кривые – подобранные логнормальные распределения

Таблица

Среднегодовые значения ЭРОА радона и величины среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения детей радоном в помещениях образовательных учреждений

№	Величина	Районы					
		Северные районы (1 этаж)	Северные районы (2 этаж)	Южные районы (1 этаж)	Южные районы (2 этаж)	Центральные районы (1 этаж)	Центральные районы (2 этаж)
1.	Диапазон значений среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м³	49–331	50–82	61–142	42–62	48–105	43–75
2.	Среднее значение среднегодовой ЭРОА радона, Бк/м³	103	59	93	54	70	56
3.	Интервал величин среднегодовых индивидуальных эффективных доз облучения, мЗв	0.53–3.6	0.54–0.88	1.09–2.55	0.75–1.11	0.86–1.91	0.78–1.35
4.	Усреднённая величина среднегодовой индивидуальной эффективной дозы облучения, мЗв	1.11	0.64	1.67	0.97	1.26	0.99

Согласно анализам полученных результатов выявлено, что среднегодовые эффективные дозы облучения людей, находящихся в исследуемых помещениях находится в диапазоне от 0.64 до 1.64 мЗв, данная доза является суммой излучений радона и излучений дочерних продуктов его распада. Выявлена зависимость, характеризующая

изменение концентрации радона от этажа помещений, на котором проводились измерения. Так, концентрация радона в помещениях первых этажей выше, чем на вторых этажах аналогичных помещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиологическая защита от облучения радоном. Перевод публикации 126 МКРЗ / под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015. 92 с.
2. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. /Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К.Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.
3. Мирсаидов У.М., Назаров Х.М., Шосафарова Ш.Г., Махмудова М.М. Радоновый мониторинг на территории Северного Таджикистана // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 1. С. 68–73. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-1-68-73.
4. Источники и действие ионизирующего излучения. Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Отчёт НКДАР ООН Генеральной Ассамблеи, VI: Источники.–ООН, Нью-Йорк, 2000.–654 с.
5. Источники и действие ионизирующего излучения. Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации. Отчёт НКДАР ООН 2006 Генеральной Ассамблеи, I: Sources.–UN, NY, 2008.–392с.

РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА НЕЙТРОНОВ 4-ГО КАНАЛА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ Р7-М COMPUTATIONAL DETERMINATION OF PARAMETERS OF NEUTRON BEAM OF 4-TH CHANNEL OF CYCLIC ACCELERATOR R7-M

**А. Е. Овсенёв, М. В. Гладких, Н. В. Смольников,
М. Н. Аникин, А. Г. Наймушин, И. И. Лебедев И.В. Ломов
A. Ovsenev, M. Gladkikh, N. Smolnikov, M. Anikin,
A. Naymushin, I. Lebedev, I. Lomov**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск Россия
aeo3@tpu.ru
National Research Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia*

В данной работе описано создание расчетной модели источника нейтронов на базе 4-го канала циклического ускорителя Р7-М в программном комплексе PHITS для определения нейтронно-физических характеристик пучка нейтронного излучения. Получены энергетическое и угловое распределение плотности потока нейтронов, а также получены значения плотности потока нейтронов в диапазоне энергий от 0,01 эВ до 15 МэВ.

This article describes the creation of a computational model of a neutron source based on the 4-th channel of the P7-M cyclic accelerator in the PHITS software package for determining the neutron-physical characteristics of a neutron radiation beam. The energy and angular distribution of the neutron flux density are obtained, and the values of the neutron flux density in the energy range from 0.01 eV to 15 MeV are obtained.

Ключевые слова: циклический ускоритель, экспериментальный канал, мишень, нейтронный пучок, энергетическое распределение, угловое распределение, аппроксимация.

Keywords: cyclotron, experimental channel, target, neutron beam, energy development, angular development, approximation.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-197-201>

Введение. Ускорители частиц играют важную роль в современной физике, медицине и промышленности, обеспечивая доступ к высокоэнергетическим пучкам различных заряженных частиц. Одним из ключевых аспектов использования ускорителей является их потенциал в качестве источников нейтронов. Нейтроны имеют особую значимость в различных областях исследований, таких как ядерная физика, медицинская диагностика и терапия, промышленные приложения и безопасность ядерной энергетики.