

УДК 550.42:546.027

## ОБЪЕМНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДОНА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА КАРА-ХОЛЬ

Кужугет Анай-Хаак Сергей-ооловна

ФГБУ ВО «Тувинский государственный университет»

**Аннотация:** Представлены результаты исследования объемной активности радона-222 в воздухе помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района Республики Тыва. В качестве средства измерения использовался радиометр радона PPA-01M-03. Прибор позволяет определять объемную активность радона в пределах 20–20 000 Бк/м<sup>3</sup>. Обследования уровней активности радона в помещениях проводились методами осаждения на фильтр. Исследования проводились в осенний период 2017 года. Было проведено 11 замеров концентрации радона в помещениях. Средняя эквивалентная равновесная объемная активность радона составляет 25+7 Бк/м<sup>3</sup>. Максимальное значение объемной активности составляет 31±13 Бк/м<sup>3</sup>. Проведена оценка радонобезопасности жилых помещений. Цель исследования – определение объемной активности природного радона-222 в воздухе жилых помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района Республики Тыва и оценка уровня накопления радона в помещениях. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить содержание радона в жилых помещениях населенного пункта Кара-Холь; обобщить материал по распределению радона в жилых помещениях; создать электронную базу данных о содержании радона в воздухе помещений; изучить влияние изменения атмосферных условий на вариации объемной активности радона.

**Ключевые слова:** радон-222, объемная активность радона, радиометр радона, Кара-Холь, Бай-Тайгинский район, Республики Тыва.

## VOLUME ACTIVITY OF RADON IN THE RESIDENTIAL PLACES OF THE KARA-KHOL SETTLEMENT

Kuzhuget Anai-Haak Sergey-oolovna

"Tuva State University"

**Abstract:** The results of a study of the volume activity of radon-222 in the air of the premises of the Kara-Khol settlement of the Bai-Taiginsky District of the Republic of Tuva are presented. As a measuring instrument, the radon radiometer PPA-01M-03 was used. The device allows to determine the volumetric activity of radon in the range of 20-20 000 Bq / m<sup>3</sup>. Surveys of levels of activity of radon in the premises were carried out by methods of deposition on the filter. The research was carried out in the autumn of 2017. 11 measurements of radon concentration in the rooms were carried out. The average equivalent equilibrium volume activity of radon is 25 + 7 Bq / m<sup>3</sup>. The maximum value of volumetric activity is 31 ± 13 Bq / m<sup>3</sup>. The estimation of radon safety of premises is carried out.

The purpose of the study was to determine the volumetric activity of natural radon-222 in the air of residential premises in the settlement of Kara-Khol in the Bai-Taiginsky District of the Republic of Tyva and to estimate the level of accumulation of radon in the premises. To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks:

to determine the radon content in residential areas of the settlement of Kara-Khol; to generalize the material on radon distribution in living quarters; create an electronic database on radon content in indoor air; To study the effect of changes in atmospheric conditions on variations in volumetric activity of radon.

**Key words:** radon-222, volumetric activity of radon, radiometer of radon, Kara-Khol, Bai-Taiginsky district, Republic of Tuva.

**Введение.** Вклад радона в формирование средней дозы облучения человека оценивается в 54%. Это факт вызвал громадный интерес к радоновой проблеме практически во всех развитых странах, поскольку более половины годовой дозы от всех природных источников излучения человек получает через воздух, облучая радоном свои легкие во время дыхания. Концентрация радона резко увеличивается при сейсмических процессах. Природная, естественная радиация сопровождает нас в течении всей нашей жизни. Однако лишь относительно недавно стало известно, что самым важным для здоровья человека естественным источником радиации является радон. Расчеты, проведенные в разных странах, показали, что воздействие радона формирует около половины дозы, получаемой человеком от всех источников радиации. Радон в 7,5 раз тяжелее воздуха, поэтому наибольшее его концентрация на открытой местности – приземном слое. Скорость поступления радона из почвы зависит от концентрации радионуклидов в земных породах, степени нагрева пород, атмосферного давления, толщины снегового покрова и др. Радон-222 является продуктом распада радия-226 – радионуклидного вещества, распространенного повсеместно, но встречающегося в грунтах (почвах) разного состава в различных концентрациях. В связи с этим содержание радона, высвобождающегося из земной коры, значительно отличается в наружном воздухе в разных местах земного шара, в отдельной стране, в регионе. Во всех развитых странах мира уже проведено или ведется в настоящее время картографирование территории с целью определения зон с высокими концентрациями радона. Обследуются также сотни тысяч зданий, чтобы выявить квартиры и дома, в которых содержание радона превышает допустимый уровень. В нашей стране утверждена и действует программа «Радон». Причиной такого интереса специалистов и властей является опасность, которую представляет для здоровья человека повышенное содержание в воздухе помещений радона и продуктов его распада [1].

**Цель исследования** – определение объемной активности природного радона-222 в воздухе жилых помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района Республики Тыва и оценка уровня накопления радона в помещениях. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить содержание радона в жилых помещениях города Кызыла.
2. Обобщить материал по распределению радона в жилых помещениях.
3. Создать электронную базу данных о содержании радона в воздухе помещений.

**Приборы и методы.** Основным радиологическим параметром для оценки величины облучения является потенциальная энергия, приходящаяся на единицу активности радона - 222 [2, с. 225]. Как и любой другой радиоактивный материал, радон может быть зарегистрирован дозиметрическими приборами по факту распада его изотопов и последующих дочерних продуктов. Таких методов регистрации существует множество — как непосредственно, так и по продуктам его распада. Одним из таких методов для непосредственной регистрации является электростатическое осаждение радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) на поверхности полупроводникового детектора (ППД) альфа-распада с последующей дискриминацией частиц по энергетическому уровню. Именно на этом принципе работы основаны современные радон-мониторы. В нашей работе в качестве средства измерения использовался радиометр радона РРА-01М-03 с допустимой относительной погрешностью  $\pm 30\%$  [3, с. 182]. Прибор позволяет определять объемную активность радона в пределах 20–20 000 Бк/м<sup>3</sup> [4, с. 1344]. Радиометр радона РРА-01М-03 предназначен для измерений объемной активности (ОА) радона-222 и торона-220 в воздухе жилых и рабочих помещений, а также на открытом воздухе [5, с. 76]. Применяется для контроля санитарных норм согласно СП 2.6.1.758-99 и МУ 2.6.1.715-98. Внесен в Государственный реестр средств измерений: регистрационный номер № 21365-01 [6, с. 15]. Радиометр радона РРА-01М-03 выполнен в виде носимого прибора с автономным и сетевым питанием. Прибор может работать в режиме монитора, подключаться к ПЭВМ. Прибор позволяет измерять объемную активность аэрозольных короткоживущих продуктов распада радона (полоний-218, полоний- 214, висмут-214) и торона (свинец-212 и висмут-212), осаждаемых на аэрозольном фильтре [7, с. 257].

#### **Материалы и методы исследований.**

Материалами для данной работы являлись результаты измерения объемной активности (ОА) радона в типичных помещениях населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района Республики Тыва. В каждой обследуемой жилой единице (квартире или односемейном доме) измерения проводились с максимальной длительностью нахождения людей, в спальне [8, с. 146]. Точка измерения выбиралась в месте, исключающем прохождение через него потоков воздуха, обусловленных сквозным проветриванием помещения (в стороне от прямой, соединяющей окно и дверь в помещении) [9, с. 146].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Следует отметить, что ОА радона в помещениях жилых зданий является весьма вариабельной величиной и во многом зависит от конструктивных особенностей и защитных свойств зданий. Если принять, что в населенном пункте Кара-Холь преобладают одноэтажные деревянные строения с простыми фундаментами и деревянными полами, то можно считать, что поступление радона в помещение определяется,

в основном, свойствами подстилающих пород. В процессе исследований выполнялись следующие работы:

- в каждой обследуемой жилой единице проводились повторные измерения;
- проводились измерения объемной активности в течение осеннего периода;
- проводились измерения концентрации радона в одноэтажных и многоэтажных зданиях микрорайона;
- проведены суточные измерения концентрации радона в жилых помещениях;
- проводилось наблюдение за воздействием изменений температуры воздуха и атмосферного давления на процесс выделения радона из почвы.

В ходе исследования было проведено 11 замеров концентрации радона в помещениях. Исследования проводились в осенний период 2017 года. Результаты измерения объемной активности радона, представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Объемная активность радона в жилых помещениях  
населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района**

№	Объект исследования	Дата	ОАР, Бк/м <sup>3</sup>	ОАР макс, Бк/м <sup>3</sup>	ОАР мин, Бк/м <sup>3</sup>
1	ул. Майын-Тараа, 5	18 октября	<20	<20	<20
2	ул. Майын-Тараа, 3	18 октября	<20	<20	<20
3	ул. Дапсы, 3	19 октября	25±7	31±13	<20
4	ул. Кош кар-оола, 45	23 октября	<20	<20	<20
5	ул. Дапсы, 21	24 октября	<20	<20	<20

По материалам измерений ОА радона, проведенных в населенном пункте Кара-Холь Бай-Тайгинского района, были определены средние значения ОА радона. Установлено, что среднее значение объемной активности (ОА) радона в воздухе жилых помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района составляет 25±7 Бк/м<sup>3</sup> (давление: 709-712; влажность 54-68%; температура: 20-23<sup>0</sup> С). Максимальное значение концентрации радона составляет 31±13 Бк/м<sup>3</sup>. Контроль природного радиационного фона предусмотрен Федеральным Законом «О радиационной безопасности населения», а также «Нормами радиационной безопасности (НПР-96)», которые ограничивают суммарную дозу облучения от естественных радионуклидов. Из естественных радионуклидов наибольший вклад в дозовую нагрузку вносит радон. Поднимаясь по трещинам и разломам из глубин земной коры, радон может скапливаться в жилых и рабочих помещениях. При использовании стройматериалов с повышенным содержанием урана в помещениях также выделяется радон. По действующим

санитарным нормам (НРБ-96) его концентрация во вновь строящихся зданиях не должно превышать 100 Бк/м<sup>3</sup>, в уже существующих 200 Бк/м<sup>3</sup> воздуха. Поэтому в настоящей работе проведена оценка радонобезопасности жилых помещений (таблица 2). Прежде чем дать характеристику степени радоновой опасности, нами условно все здания были разделены на три группы опасности, принятое в литературе. В основу этого деления были положены следующие принципы:

1. При концентрации радона в 2 ниже допустимого значения здание относилось к первой категории безопасности (отсутствует радоноопасность).
2. При наличии в здании помещений с концентрациями радона от 50 до 100 Бк/м<sup>3</sup> помещение относилось ко второй категории (относительная радоноопасность).
3. При обнаружении концентрации радона выше 100 Бк/м<sup>3</sup> здание относилось к третьей категории радоноопасности (условная радоноопасность).

**Таблица 2.**

**Оценка радоноопасности жилых помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района**

Показатель	Диапазоны значений показателей по категориям радоноопасности		
	1 категория	2 категория	3 категория
ОА радона, Бк/м <sup>3</sup>	<50	50-100	100-200
Процентная доля, %	100%	0%	0%
Жилые дома	Кара-Холь		

Помещения, находящиеся на территории населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района относятся к 1-ой категории радонобезопасности.

По данным многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых, основной радиационный фон на нашей планете создается за счет естественных источников излучения, где радон составляет значительную часть общей радиационной дозы. Значительную часть этой дозы человек получает во время нахождения в жилых и производственных помещениях, где по оценкам Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН) жители промышленно развитых стран проводят около 80% времени. В помещениях человек подвергается воздействию как внешнего гамма - излучения, обусловленного содержанием природных радионуклидов в строительных материалах, так и внутреннего, связанного с вдыханием содержащихся в воздухе дочерних продуктов радона (ДПР). Радон – это радиоактивный химический элемент, который образуется в результате распада радия. В нормальных условиях радон – бесцветный инертный газ, значительно тяжелее воздуха. Наиболее стабильный изотоп <sup>222</sup>Rn имеет период полураспада 3,8 суток [10]. Радон способен попадать в дома за счет диффузии из строительных материалов и грунтового

основания зданий, конвективного переноса, деэманирования воды в процессе водопотребления. Снижение облучения населения от природных радиоактивных источников – есть одна из важнейших и, пожалуй, наиболее сложных экологических проблем. Годовая доза от естественного и техногенно-измененного фона в среднем равна 2,2 мЗв и составляет более 70 % общей дозы облучения населения. Основной вклад обусловлен присутствием радона в воздухе зданий (1мЗв), гамма-излучением радионуклидов [10], содержащихся в грунте и строительных материалах (0,5 мЗв), поступлением радионуклидов с пищей и водой (0,4 мЗв), космическим излучением (0,3 мЗв). Именно радон вносит наибольший вклад в радиоактивное облучение человека. Он ответствен примерно за половину дозы облучения, получаемой людьми от всех природных источников.

Осознание значимости проблемы радона нашло свое отражение в ряде нормативных документов, в том числе, в «Законе о радиационной безопасности населения» и в «Нормах радиационной безопасности».

В качестве критерия по минимизации облучения радоном принято:

- средняя по площади здания плотность потока с поверхности грунта без применения специальных мероприятий противорадоновой защиты не должна превышать,  $80 \text{ мБк}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;
- среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА ) во вновь вводимом жилье –  $100 \text{ Бк}/\text{куб.м}$ , в старом жилом фонде –  $200 \text{ Бк}/\text{куб.м}$ . Снижение содержания радона внутри помещений должно обеспечиваться за счет выбора для строительства участка с низким выделением радона из грунта, применения строительных конструкций, препятствующих проникновению радона из грунтового основания и удаления радона из воздуха помещений.

Правительством России (постановление от 06.07.94 г. №809) была принята федеральная целевая программа по снижению уровня облучения населения и производственного персонала от природных радиоактивных источников (ФЦП «Радон»).

Основными задачами программы «Радон» являются:

- выявление жилищ и объектов производственного назначения, где превышаются или могут быть превышены контрольные уровни радиационно опасных факторов, а также установленные пределы эффективных доз облучения населения и производственного персонала;
- проведение детального радиационного обследования на выявленных объектах с повышенным природным фоном, расчет фактических доз облучения населения и производственного персонала, осуществление требуемых защитных и профилактических мероприятий;

- радиоэкологическое сопровождение строительства зданий и сооружений с целью заблаговременного принятия защитных мер;
- оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды выбросами и сбросами промышленных предприятий, а также измерение содержания радионуклидов в готовой продукции и отходах производства;
- проведение медико-биологических наблюдений за выявленными группами повышенного радиационного риска с целью накопления эпидемиологических данных об отдаленных последствиях облучения;
- формирование баз данных о радиационной обстановке в регионах и картирование территории регионов по степени радиационной опасности.

Выводы:

1. Обследованы уровни накопления радона-222 в жилых помещениях населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района.
2. Установлено, что среднее значение объемной активности (ОА) радона в воздухе жилых помещений населенного пункта Кара-Холь Бай-Тайгинского района составляет  $25+7$  Бк/м<sup>3</sup> при максимальном  $31\pm 13$  Бк/м<sup>3</sup>.
3. Проведена оценка радонобезопасности жилых помещений. Показано, что помещения населенного пункта Кара-Холь относятся к 1-ой категории радонобезопасности.

### **Список литературы**

1. Гудзенко В.В., Дубинчук В.Т. Изотопы радия и радона в природных водах. М.: Наука, 1987. 157 с.
2. Донгак О.О., Кендиван О.Д.С. Измерения объемной активности природного радона на территории населенного пункта Суг-Аксы. В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая. Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 20-летию юбилею Тувинского государственного университета, Году народных традиций в Республике Тыва. Тувинский государственный университет. 2015. С. 225-226.
3. Кендиван О.Д.С., Ховалыг А.А. Экологическая оценка жилых помещений Мугур-Аксы на содержание концентрации радона //Успехи современного естествознания. 2014. № 3. С. 182.
4. Кендиван О. Д.С., Ховалыг А. А. Процессы накопления радона-222 в помещениях, расположенных в сейсмоактивных зонах Тувы (на примере Монгун-Тайги) //Фундаментальные исследования. 2013. № 11. Ч. 7. С. 1344-1346.

5. Кендиван О.Д.-С., Куулар А.Т. Объемная активность радона в воздухе зданий дошкольных учреждений // Вестн. Ом. ун-та. 2014. № 2. С. 76-78.
6. Кендиван О.Д.С. Экспериментальные исследования радона в жилых помещениях поселка Кара-Хаак. В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодежи. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2017. С. 14-16.
7. Шыырап Ч.М., Кендиван О.Д.С. Объемная активность радона в жилых помещениях Тере-Хольского района / В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 20-летию юбилею Тувинского государственного университета, Году народных традиций в Республике Тыва. Тувинский государственный университет. 2015. С. 257-258.
8. Ооржак Ч.Н., Дыртык-оол О.А., Подгорнова Ю.А., Кендиван О.Д.С. Объемная активность радона в жилых помещениях (на примере Пий-Хемского района) / В сборнике: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 100-летию единения России и Тувы и в рамках реализации мероприятий Программы развития деятельности студенческих объединений. ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова». 2014. С. 146.
9. Ондар А.А., Ооржак Ч.Н., Кендиван О.Д.С. Объемная активность радона в жилых помещениях населенного пункта Тээли / В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 100-летию единения России и Тувы и в рамках реализации мероприятий Программы развития деятельности студенческих объединений. ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова». 2014. С. 145-146.
10. Радиация. Дозы эффекты риск. М.: Мир, 1990. 80 с.