

УДК 550.42:546.027

**ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ РАДОНА-222 В ПОМЕЩЕНИЯХ,  
РАСПОЛОЖЕННЫХ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОНАХ ТУВЫ  
(НА ПРИМЕРЕ БАЙ-ТАЙГИНСКОГО РАЙОНА)**

**Кендиван О.Д., Биче-оол С.Х., Монгуш С.Д.,  
Соднам Н.И., Ооржак У.С., Монгуш О.М.**

*ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», Кызыл, e-mail: olgakendivan@yandex.ru*

Обследование уровней накопления радона в жилищах велось в марте 2014 года. Измерения проводились с помощью радиометра радона PPA-01M-03. Выборки жилищ при проведении обследований формировались путем случайного выбора домов. Всего было проведено 366 измерений объемной активности радона в 9 домах поселка. В большинстве помещений измерения проводились неоднократно. Результаты измерений занесены в единую базу данных. Для перехода от измеренных значений объемной активности радона к эквивалентной равновесной объемной активности радона было использовано значение коэффициента равновесия  $F = 0,5$ . Объемная активность радона в помещениях менялась в диапазоне от  $46 \pm 17$  до  $1270 \pm 203$  Бк/м<sup>3</sup>, среднееарифметическое значение составило 475 Бк/м<sup>3</sup>. По содержанию радона в помещениях все обследованные жилые помещения относятся к третьей категории радоноопасности.

**Ключевые слова:** сейсмически активная зона, радон-222, объемная активность, жилые помещения, метод активной сорбции, Бай-Тайга, Тува

**THE PROCESSES OF ACCUMULATION OF RADON-222 IN ROOMS LOCATED  
IN SEISMICALLY ACTIVE ZONES OF TUVA (ON THE EXAMPLE OF BAI-TAIGA)**

**Kendivan O.D., Biche-ool S.K., Mongush S.D., Sodnam N.I., Oorzhak U.S., Mongush O.M.**  
*Tuva State University, Kyzyl, e-mail: olgakendivan@yandex.ru*

Examination of the levels of radon in dwellings was carried out in March 2014. The measurements were conducted using radon radiometer PPA – 01M – 03. The sample of dwellings in surveys were formed by random selection of houses. In all there were 366 measurement of volumetric activity of radon in the 9 houses of the village. In most areas of the measurements were carried out repeatedly. The measurement results entered in the unified database. To move from the measured values of volume activity of radon to the equivalent equilibrium volumetric activity of radon was used value of the coefficient of equilibrium  $F = 0,4$ . Volumetric activity of radon in the premises ranged from  $46 \pm 17$  to  $1270 \pm 203$  Bq/m<sup>3</sup>, average value amounted to 475 Bq/m<sup>3</sup>. On the content of radon in the premises of all surveyed accommodations belong to the third category radon hazard.

**Keywords:** Aseismically active zone, radon-222, volumetric activity, accommodations, method of sorption active, Bai-Taiga, Tuva

**Цель исследования** – определение объемной активности радона-222 в воздухе жилых помещений населенного пункта Шуй Бай-Тайгинского района Республики Тыва и оценка уровня накопления радона в помещениях.

**Материалы и методы исследования**

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>. Радиометр радона PPA-01M-03 предназначен для измерений объемной активности (ОА) радона-222 и торона-220 в воздухе жилых и рабочих помещений, а также на открытом воздухе [3-5]. 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. Изготовитель ООО «НТМ-ЗАЩИТА». Радиометр радона PPA-01M-03 выполнен в виде носимого прибора с автономным и сетевым питанием. Прибор может работать в режиме монитора, подключаться к ПЭВМ. Измерение объемной активности (ОА) радона-222 и торона-220 основано на электростатическом осаждении дочерних продуктов распада радона-222 и торона-220 – положительно заряженных ионов <sup>218</sup>Po (RaA) и <sup>216</sup>Po

(ThA) – из отобранной пробы воздуха на поверхность полупроводникового детектора с помощью высокого положительного потенциала, поданного на электрод измерительной камеры. Активность радона-222 и торона-220 определяются альфа-спектрометрическим методом по количеству зарегистрированных альфа-частиц при распаде RaA и ThA. В процессе измерений контролируются следующие параметры окружающей среды: температура, относительная влажность и давление. Радиометр PPA-01M-03 обладает:

а) возможностью измерения объемной активности радона, температуры, давления и влажности окружающей среды, а также полной автоматизацией процессов отбора, измерения проб и обработки результатов;

б) возможностью хранения комплексных результатов (номеризмерения, номерсерии, датаи времяизмерения, температура, влажность, давление, количество зарегистрированных распадов Ra A, Th A, абсолютные значения объемной активности радона с погрешностью) в ОЗУ радиометра (до 1500 комплексных результатов);

в) возможностью просмотра данных из памяти радиометра на матричном дисплее в процессе измерения;

г) возможностью вывода данных на ПЭВМ с графическим представлением информации и протоколом измерений.

Основные технические характеристики [5] прибора приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Технические характеристики радиометра радона

1	Диапазон измерений объемной активности Rn-222	20–2·10 <sup>4</sup> Бк/м <sup>3</sup>
2	Диапазон измерений объемной активности Rn-220	20–2·10 <sup>4</sup> Бк/м <sup>3</sup>
3	Пределы допускаемой основной относительной погрешности в диапазоне 20–20000 Бк/м <sup>3</sup> , не более:	±30%
4	Диапазон измерения микроклиматических параметров (погрешность не более ± 5 %): температуры давления влажности	+5...+50 °С 700–820 мм рт.ст. 30–90%
5	Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторов, не менее	10 часов
6	Габаритные размеры (масса)	290×200×155 мм (4 кг)
7	Диапазон рабочих температур	+ 5 ÷ + 35 °С
8	Относительная влажность при температуре окружающего воздуха +25 °С	до 80%
9	Атмосферное давление	700–820 мм рт.ст.

Объемная активность радона зависит от времени суток, от сезона. При отсутствии антропогенных и атмосферных факторов соблюдается почти всегда нормальный суточный ход концентрации радона: минимальные значения ОА радона наблюдаются в послеполуденное время, а максимальные – в предрассветные часы, поэтому измерения проводились в основном в дневное время (с 09<sup>00</sup>–18<sup>00</sup>ч), когда концентрация радона соответствует среднесуточному значению.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Всего на содержание радона было исследовано 9 домов, расположенных на разных участках села Шуй Бай-Тайгинского района. Жилые помещения – одноэтажные,

по типу строительных материалов – деревянные. Измерения ОА радона в помещениях проводились с помощью метода активной сорбции в весенний период (март 2014). Длительность одного измерения составила 25 мин. Измерения проводились в комнатах постоянного пребывания людей. 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) [5]. Результаты исследования ОА радона в воздухе жилых помещений населенного пункта Шуй представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Объемная активность радона в помещениях населенного пункта Шуй

№ п/п	Место отбора пробы	Число измерений	Дата	ОА радона, макс, Бк/м <sup>3</sup>	ОА радона, мин, Бк/м <sup>3</sup>	ОА радона ср, Бк/м <sup>3</sup>	ЭРОА радона ср, Бк/м <sup>3</sup>
1128	ул. Кудурукпай, 84–2	65	09.03.14	317 ± 63	46 ± 17	200	100
1194	ул. Гагарина, 15–1	10	10.03.14	390 ± 74	250 ± 52	329	165
1204	ул. Нордуп, 60–2	67	11.03.14	619 ± 111	421 ± 79	539	270
1272	ул. Кудурукпай, 19	64	12.03.14	979 ± 166	432 ± 82	548	274
1337	ул. Нордуп, 10–3	3	13.03.14	628 ± 113	489 ± 88	565	283
1340	ул. Лесная, 21–2	67	14.03.14	468 ± 84	213 ± 46	318	159
1407	ул. Нордуп, 41	62	16.03.14	1270 ± 203	239 ± 50	740	370
1471	ул. Новая, 5–2	2	18.03.14	1098 ± 186	984 ± 167	1041	521
1473	ул. Кудурукпай, 84–2	26	18.03.14	1058 ± 179	593 ± 106	769	385

Уровни радона значительно различаются в разных помещениях. ОА радона в помещениях менялась в диапазоне от 46 ± 17 до 1270 ± 203 Бк/м<sup>3</sup>, среднеарифметическое значение составило 475 Бк/м<sup>3</sup>. На концентрацию радона внутри помещений оказывает влияние возраст здания. С течением времени

любая постройка оседает, в фундаменте образуются трещины, и поступление радона может увеличиться. Поэтому даже благополучное здание время от времени необходимо тестировать на наличие радона. Однако прямая связь между возрастом зданий и уровнями радона не была установлена.

Максимальное мгновенное значение ОА составило  $1270 \pm 203$  Бк/м<sup>3</sup>. Во всех обследованных жилых помещениях зафиксированы высокие значения концентрации радона (среднее значение 475 Бк/м<sup>3</sup>), что можно предположить их относительное радоновое неблагополучие. Полученная величина средней ЭРОА радона для с. Шуй составила 281 Бк/м<sup>3</sup>, что превышает установленный НРБ-99 норматив для эксплуатируемых зданий (200 Бк/м<sup>3</sup>, [6]) и значительно превышает среднемировую величину (16 Бк/м<sup>3</sup>, [2]).

Для характеристики оценки радиационной опасности, нами условно все здания

были разделены на три группы опасности. В основу этого разделения были положены следующие принципы [1]:

1. При концентрации радона в 2,5 раза ниже допустимого значения здание относилось к первой категории опасности.

2. При наличии в здании помещений с концентрациями радона от 40 до 100 Бк/м<sup>3</sup> здание относилось ко второй категории опасности.

3. При обнаружении концентраций радона выше 100 Бк/м<sup>3</sup> здание относилось к 3 категории опасности. Результаты оценки представлены в табл. 3.

**Таблица 3**

Оценка радоноопасности жилых помещений

Показатель	Диапазоны значений показателей по категориям радоноопасности		
	1 категория	2 категория	3 категория
ОА радона в воздухе помещений, Бк/м <sup>3</sup>	< 40	40 – 100	> 100
Процентная доля, %	0	0	100

Средние годовые эффективные дозы облучения людей за счет дочерних продук-

тов распада радона составляют 9,51 мЗв (табл. 4).

**Таблица 4**

Оценка доз облучения людей за счет основных природных источников излучения в отдельных жилых помещениях с. Шуй, мЗв/год

№ п/п	Адрес жилого помещения	ОА радона ср Бк/м <sup>3</sup>	$D_{(доза обл)}$ , мЗв/год
1.	ул. Кудурукпай, 84-2	200	3,40
2.	ул. Гагарина, 15-1	329	5,61
3.	ул. Нордуп, 60-2	539	9,17
4.	ул. Кудурукпай, 19	548	9,32
5.	ул. Нордуп, 10-3	565	9,61
6.	ул. Лесная, 21-2	318	5,40
7.	ул. Нордуп, 41	740	12,58
8.	ул. Новая, 5-2	1041	17,70
9.	ул. Кудурукпай, 84-2	769	13,08
	Всего:	475	9,51

**Выводы**

1. По содержанию радона в помещениях все обследованные жилые помещения относятся к третьей категории радоноопасности.

2. Средняя ОА радона в жилых помещениях составляет 475 Бк/м<sup>3</sup>. Для уточнения сезонных вариаций концентрации радона в помещениях следует провести дополнительные измерения в осенне-зимний период, по крайней мере для зданий третьей категории.

3. Индивидуальные годовые эффективные дозы облучения людей могут выходить за пределы указанных оценок, поскольку они определяются также конкретными характеристиками жилых домов, в которых они проживают.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 13-05-98021 р\_сибирь\_a.*

#### Список литературы

1. Еремеева Т.Н., Сухих С.Э. Опыт радиационно-гигиенических обследований детских дошкольных учреждений // АНРИ. – 1999. – № 1. – С. 27–32.
2. Источники и эффекты ионизирующего излучения Отчет НКДАР ООН 2000 года с научными приложениями. – М., 2002, т.1. – 306 с.
3. Кендиван О.Д.-С., Куулар А.Т. Объемная активность радона в воздухе зданий дошкольных учреждений // Вестн. Ом. ун-та. – 2014. – № 2. – С. 76–78.
4. Кендиван О.Д.-С., Ховалыг А.А. Экологическая оценка жилых помещений Мугур-Аксы на содержание концентрации радона // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 182.
5. 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 (часть 7). – С. 1344–1346.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1. 758-99. – М.: Минздрав России, 1999. – 155 с.

#### References

1. Eremeeva T.N. Sukhikh S.E. Experience of radiation-hygienic examinations of children's preschool institutions // ENRR. 1999. no. 1. pp. 27–32.
2. Sources and effects of ionizing radiation. Report UNSCEAR of 2000 with the scientific applications. Moscow, 2002, Vol. 1. 306 p.
3. Kendivan O.D., Kuular A.T. Volume activity of radon in air of pre-schools in Kyzyl // Bulletin of Omsk University. 2014. no. 2. pp. 76–78.
4. Kendivan O. D., Khovalyg A.A. Environmental assessment of residential premises Mугur-Akсы on the content of radon // The successes of modern natural Sciences. 2014. no. 3. pp. 182.
5. Kendivan O. D., Khovalyg A.A. The processes of accumulation of radon-222 in the premises located in seismically active zones of Tuva (on the example of Mongun-Taiga) // Fundamental research. 2013, no. 11 (7). pp. 1344–1346.
6. Radiation safety standards (RSS). SP 2.6.1.758-99. Moscow: Ministry of health of Russia, 1999. 155 p.

#### Рецензенты:

Дубровский Н.Г., д.б.н., профессор кафедры общей биологии, декан ЕГФ, ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл;

Андрейчик М.Ф., д.г.н., профессор кафедры географии, ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», г. Кызыл.

Работа поступила в редакцию 15.07.2014.