



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2009:04

Радон в жилых зданиях
Республики Калмыкия.
Результаты национальной
программы исследований
за 2006-2007 гг.



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

**Г. Окерблум
О. Герман
И.П. Стамат
А.-Л. Сёдерман
В.А. Венков**

РАДОН В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Результаты
национальной программы исследований
за 2006-2007 гг.

Отчет: 2009:04, **ISSN:** 2000-0456

Английский текст доступен на сайте www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Перевод с англ.: **Д.В. Кононенко (ФГУН НИИРГ)**

В отчете представлены результаты исследований, проведенных по заказу Шведской Службы по радиационной безопасности (SSM – Strålsäkerhetsmyndigheten). Точки зрения и выводы Службы и авторов исследования могут не совпадать.

КРАТКИЙ ОБЗОР

Национальная Программа исследований по фактору «радон» в Республике Калмыкия в 2006-2007 гг. была реализована совместными усилиями Шведской Службы по радиационной защите (SSI – Statens strålskyddsinstitut) и ФГУН НИИРГ. Работы были профинансированы ФГУН НИИРГ и Шведским Агентством по развитию международного сотрудничества (SIDA – Swedish International Development Authority).

В августе 2006 г. специалистами SSI и ФГУН НИИРГ при содействии федеральных и муниципальных властей были проведены полевые работы, в рамках которых в 103 жилых зданиях в Республике Калмыкия было измерено содержание дочерних продуктов распада изотопов радона (ЭРОА радона) в воздухе и мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД), а также на нескольких открытых площадках были проведены спектрометрические измерения. Кроме того, состоялось несколько встреч с представителями муниципальных властей, в ходе которых совместная группа российско-шведских специалистов проинформировала их по ряду аспектов, связанных с радоновой проблемой.

В течение трех зимних месяцев в 2006-2007 гг. в 525 случайно выбранных жилых зданиях были проведены интегральные измерения объемной активности (ОА) радона с помощью трековых детекторов. Результаты измерений составили от 3 до 973 Бк/м³ при среднем значении в 122 Бк/м³. В 19 из 835 точек измерения значение ЭРОА радона превысило установленный в России максимум в 200 Бк/м³. Для сравнения с трехмесячными измерениями в 20 жилых зданиях в г. Элиста, столице Республики Калмыкия, были проведены годовые измерения, которые показали чуть более высокие значения ОА радона, поэтому был введен поправочный коэффициент равный 0,85. На основе данных о количестве людей, проживающих в частных домах и квартирах в многоквартирных домах, и результатах измерения ОА радона было посчитано, что радон ответственен за 20-40 из каждых 100 новых зарегистрированных случаев рака легкого в год.

На методы и технологии постройки жилых зданий в Калмыкии большое влияние оказывают история и культура. Большинство зданий было построено после Великой Отечественной Войны, количество новостроек крайне невелико вследствие сложной экономической обстановки и низкого уровня прироста населения республики. Большая часть населения проживает в частных одноэтажных домах, построенных прямо на земле, блоках из ракушечника или монолитной бетонной плите. В доме, как правило, от 3 до 5 комнат. Пол обычно сделан из досок, между которыми заметны щели, что позволяет радону легко проникать в воздух жилых помещений. В таких домах также обычно имеется неветилируемый подпол высотой 20–30 см. Вентиляция помещений осуществляется за счет щелей вокруг окон и дверей и сквозняка. Печка обычно расположена в центре дома, в качестве топлива используются уголь, дрова, коровий и бараний кизяк. МЭД гамма-излучения строительных материалов составляет около 0,1 мкЗв/ч, что исключает их как источник поступления радона в воздух помещений. Вода хранится в цистернах на улице, поэтому тоже не вносит вклада в поступление радона в воздух помещений.

В результатах измерений присутствует крайне малое количество сверхвысоких значений ОА радона, но средний уровень относительно высок. На этапе проектирования и строительства жилых зданий необходимо учитывать возможность образования высоких уровней содержания радона в воздухе помещений и для предотвращения поступления в них радона осуществлять соответствующие защитные мероприятия: укладку газонепроницаемых пленок поверх земли или фундамента в подполе, газоизоляцию трещин и щелей в полах. Важным представляется тот факт, что муниципальные власти осведомлены о радоновой проблеме и могут дать рекомендации по снижению рисков здоровью населения.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
Исходные данные и цели	4
География и геология	4
Жилой фонд Калмыкии	6
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ВОЗДУХЕ И МЭД ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В 2001 Г.	7
3. НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФАКТОРУ «РАДОН» В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ В 2006-2007 ГГ.	10
Полевые работы в Калмыкии в августе 2006 г.	10
Методы и средства измерения содержания радона в воздухе и ПРН в почве	10
Результаты измерений, полученные в ходе полевых работ в августе 2006 г.	14
Результаты измерений содержания радона в воздухе жилых зданий зимой 2006-2007 гг. .	15
4. ИСТОЧНИКИ И ПРИЧИНЫ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДОНА В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ .	19
Строительные материалы	19
Радоновыделение из грунтов	19
Конструкция зданий	20
5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	21
6. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАДОНОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	22
Для существующих зданий	22
Для проектируемых и строящихся зданий	22
7. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	24
Облучение населения Калмыкии за счет радона в жилых зданиях	24
8. ВЫВОДЫ	29
Приложение 1. Результаты спектрометрических измерений грунта в Калмыкии в 2006 г.	30
Приложение 2. Результаты мгновенных измерений содержания радона летом 2006 г. (примеры) + таблица характеристик зданий	33
Приложение 3. Результаты интегральных измерений содержания радона в случайно выбранных зданиях в Калмыкии зимой 2006-2007 гг. (примеры) + таблица характеристик зданий	34
Приложение 4. Результаты годовых интегральных измерений в 20 жилых зданиях в г. Элиста в 2006-2007 гг. (примеры) + таблица характеристик зданий	35
Приложение 5. Методы снижения содержания радона, предложенные к применению в Калмыкии	36
Благодарности	44
Литература	45

1. ВВЕДЕНИЕ

Исходные данные и цели

В данном отчете обобщены результаты, полученные в ходе реализации Национальной Программы исследований по фактору «радон» в Республике Калмыкия в 2006-2007 гг. Целью этой Программы было получение количественных данных об облучении за счет радона в жилых зданиях для дальнейшего расчета дозовых нагрузок и рисков для здоровья населения Калмыкии, определение источников поступления радона в жилые здания и сбор информации об особенностях конструкции домов для дальнейшего выбора наилучших методов радонозащиты.

Национальная Программа исследований была выполнена специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева при участии и помощи сотрудников ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Калмыкия» и в сотрудничестве со специалистами Шведской Службы по радиационной защите (SSI). Работы были профинансированы грантами, выделенными ФГУН НИИРГ и Шведским Агентством по развитию международного сотрудничества (SIDA).

В 2001 г. сотрудниками ФГУН НИИРГ уже выполнялись мгновенные и интегральные измерения ОА радона в воздухе помещений детских школьных и дошкольных учреждений (см. табл. 4). Измерения показали, что для зданий в Калмыкии характерны значения ЭРОА радона гораздо выше среднемирового уровня в 40 Бк/м^3 , установленного в отчете НКДАР ООН за 2007 г. Т.о., облучение за счет радона в зданиях может являться важной причиной заболеваемости раком легкого, многочисленные случаи которого фиксируются в Калмыкии.

В ходе ознакомительной поездки в Калмыкию в августе 2006 г. программа работ была представлена сотрудникам ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Калмыкия» и Управления Роспотребнадзора по Республике Калмыкия. В этот же период в 103 жилых зданиях были выполнены измерения МЭД гамма-излучения и ЭРОА радона. В течение трех зимних месяцев в 2006-2007 гг. в 525 случайно выбранных жилых зданиях, распределенных по всей территории Калмыкии, были проведены интегральные измерения ОА радона. Результаты измерений составили от 3 до 973 Бк/м^3 при среднем значении в 122 Бк/м^3 .

География и геология

Республика Калмыкия расположена в зонах степей, полупустынь и пустынь на юго-востоке европейской части Российской Федерации. Республика занимает территорию площадью $75,9 \text{ млн. км}^2$, население составляет около 290 тыс. человек. Столица республики – город Элиста.

На территории Калмыкии встречаются следующие 3 типа почв. На западе – плодородные темно-каштановые (содержат 1,5–4,5 % гумуса), в центральной части светло-каштановые с обширными участками солонцов, на востоке – бурые пустынно-степные (преимущественно песчаные) почвы с участками солонцов.

С юга территория Калмыкии ограничена Кумо-Манычской впадиной и реками Маныч и Кума, в юго-восточной части омывается Каспийским морем, на северо-востоке на незначительном участке граница республики подходит к реке Волге, а на северо-западе расположена Ергенинская возвышенность. В пределах территории республики северная часть Прикаспийской низменности называется Сарпинской низменностью, а в ее южной части находятся Черные земли. Господствующим типом рельефа республики, занимающим

большую часть ее территории, являются равнины.

На территории Калмыкии имеются залежи таких полезных ископаемых, как уголь, нефть, природный газ, урановые руды и ракушечник (известняк, состоящий преимущественно из раковин морских животных и их обломков; широко используется в качестве строительного материала).

Средняя удельная активность (УА) природных радионуклидов в почвах европейской части России: ^{238}U – 20 Бк/кг; ^{232}Th – 25 Бк/кг; ^{40}K – 430 Бк/кг. На территории Калмыкии средняя УА природных радионуклидов в почвах: ^{238}U – 25–50 Бк/кг; ^{232}Th – 25–40 Бк/кг; ^{40}K – 615–770 Бк/кг. Т.о., вполне естественно ожидать повышенного содержания радона в почвенном воздухе.



Рис. 1. Схема кадастровых районов Республики Калмыкия

В ходе ознакомительной поездки в Калмыкию в августе 2006 г. был проведен ряд измерений УА природных радионуклидов в почвах Приютинского, Ики-Бурульского и Кетченеровского районов с помощью полевого гамма-спектрометра МКС-АТ6101Д. Результаты измерений:

- ^{238}U – 12–33 Бк/кг (среднее значение 22 Бк/кг);
- ^{232}Th – 20–55 Бк/кг (среднее значение 34 Бк/кг);
- ^{40}K – 425–755 Бк/кг (среднее значение 633 Бк/кг).

Результаты этих гамма-спектрометрических измерений могут быть использованы при составлении карт потенциальной радоноопасности территории Калмыкии.

Жилой фонд Калмыкии

Особенности жилого фонда Калмыкии определяются следующими факторами: историческими условиями появления поселений на данной территории, культурными традициями населения и домовладельцев, экономическими причинами и доступностью строительных материалов. Большинство домов было построено после Великой Отечественной Войны, количество новостроек постсоветского периода крайне невелико, что объясняется сложной экономической обстановкой и низким уровнем прироста населения.

Самые распространенные строительные материалы в Калмыкии – это ракушечник, саман (смесь соломы с глиной) и кирпичи из красной глины. В Калмыкии три населенных пункта имеют статус города, но жилой фонд даже в них состоит преимущественно из частных домов, а многоквартирных домов насчитывается совсем немного.

Тип жилого помещения	2002		2003		2004	
	%	Количество жителей	%	Количество жителей	%	Количество жителей
Всего	100	292410	100	291850	100	290626
Квартира в многоквартирном доме	32	93571	32	93392	30	87188
Комната в общежитии	3	8772	4	11674	4	11625
Частный дом	46	134509	47	137170	47	136594
Часть частного дома	19	55558	17	49614	19	55219

Таблица 1. Процентное распределение типов жилых помещений в Калмыкии и численность приживающегося в них населения (согласно переписи населения 2004 года) [7]

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ВОЗДУХЕ И МЭД ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В 2001 Г.

Первый визит экспертов из ФГУН НИИРГ в Калмыкию состоялся в 2001 году. Основными его целями были получение первичной информации о дозах облучения населения от природных источников и установление контактов с местной администрацией. В ходе этой поездки в 246 жилых зданиях и квартирах были проведены измерения МЭД гамма-излучения от различных строительных материалов и ЭРОА радона в воздухе помещений. Результаты этих измерений представлены в табл. 2 и на рис. 1.

МЭД гамма-излучения, мкЗв/ч	Саман	Ракушечник	Бетон, кирпич	Все материалы
Среднее	0,12	0,10	0,10	0,10
Минимум	0,09	0,08	0,07	0,07
Максимум	0,16	0,22	0,16	0,22
Количество измерений	20	25	49	94

Таблица 2. Результаты измерений МЭД гамма-излучения в жилых зданиях из различных строительных материалов (2001 г.)

Населенный пункт	ЭРОА, Бк/м ³				
	Среднее	Минимум	Максимум	Медиана	Количество измерений
Все	29	0	250	10,6	127
Элиста	25	0	207	8,8	119

Таблица 3. Результаты измерений ЭРОА радона в воздухе жилых зданий (2001 г.)

В зимний период 2001 года в 40 дошкольных детских учреждениях Элисты были проведены интегральные измерения ОА радона. Среднее значение ЭРОА радона составило 40 Бк/м³ при диапазоне от 10 до 173 Бк/м³. Всего было экспонировано 80 трековых детекторов, по два детектора на каждое учреждение (по одному в спальне и игровой комнате).

ЭРОА, Бк/м ³				
Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Количество измерений
40	20	10	173	40

Таблица 4. Результаты интегральных измерений ОА радона в детских дошкольных учреждениях Элисты (2001 г.)

Населенный пункт	Тип здания	ЭРОА _{Rn} + 4,6·ЭРОА _{Tn} , Бк/м ³				
		Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Количество измерений
Элиста	Все	41	23	2,5	233	159
	Жилые	36	12	2,8	233	90
	Медицинские и детские дошкольные учреждения	48	30	2,5	198	66
Прочие	Все	45	24	2,5	303	167
	Жилые	43	15	2,8	303	96
	Медицинские и детские дошкольные учреждения	47	29	2,5	198	68

Таблица 5. Результаты интегральных измерений ОА радона и торона (2001 г.)

Количество измерений

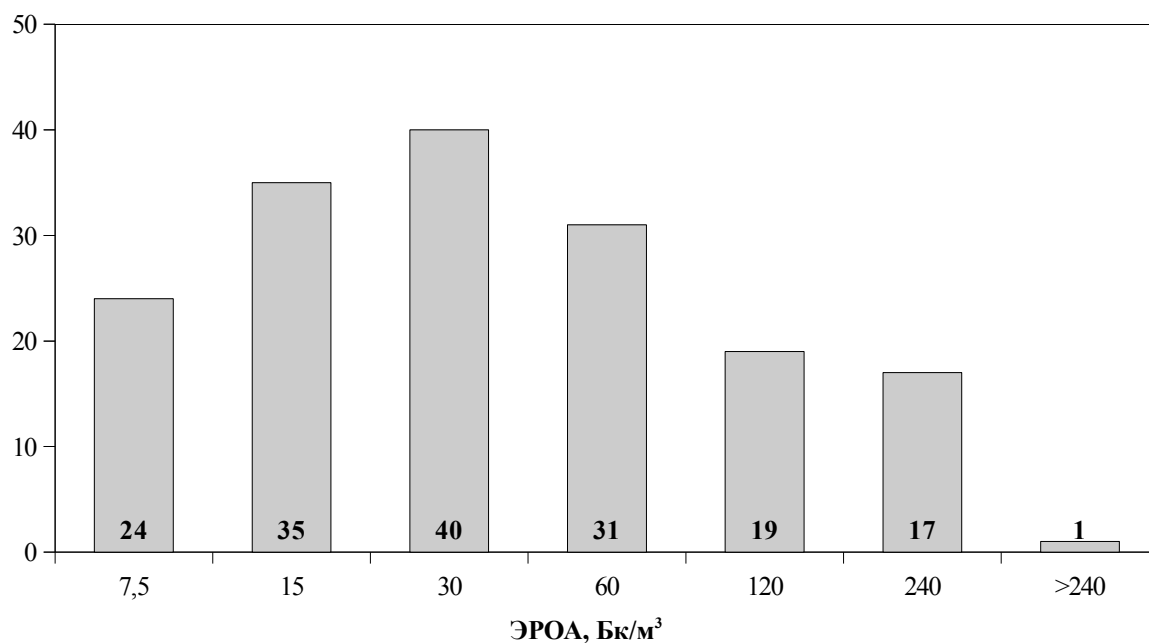


Рис. 2. Частотное распределение результатов интегральных измерений ОА радона и торона (2001 г.)

Как видно из табл. 4 и 5, результаты измерений ЭРОА радона в зданиях различного назначения (жилых домах, медицинских учреждениях, детских дошкольных учреждениях) весьма близки. Это можно объяснить тем, что все обследованные здания являются одноэтажными или двухэтажными.

При сравнении результатов измерений в зданиях, построенных из разных материалов, видно, что наиболее высокие значения ЭРОА радона характерны для построек из самана.

$\text{ЭРОА}_{\text{Rn}} + 4,6 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{Tn}},$ Бк/м ³	Саман	Ракушечник	Бетон, кирпич	Все материалы
Среднее	103	49	14	43
Медиана	90	28	9,2	15
Минимум	7,1	4,5	2,8	2,8
Максимум	303	163	91	303
Количество измерений	21	26	49	96

Таблица 6. Результаты интегральных измерений ОА радона и торона в жилых зданиях из различных строительных материалов (2001 г.)

Количество зданий

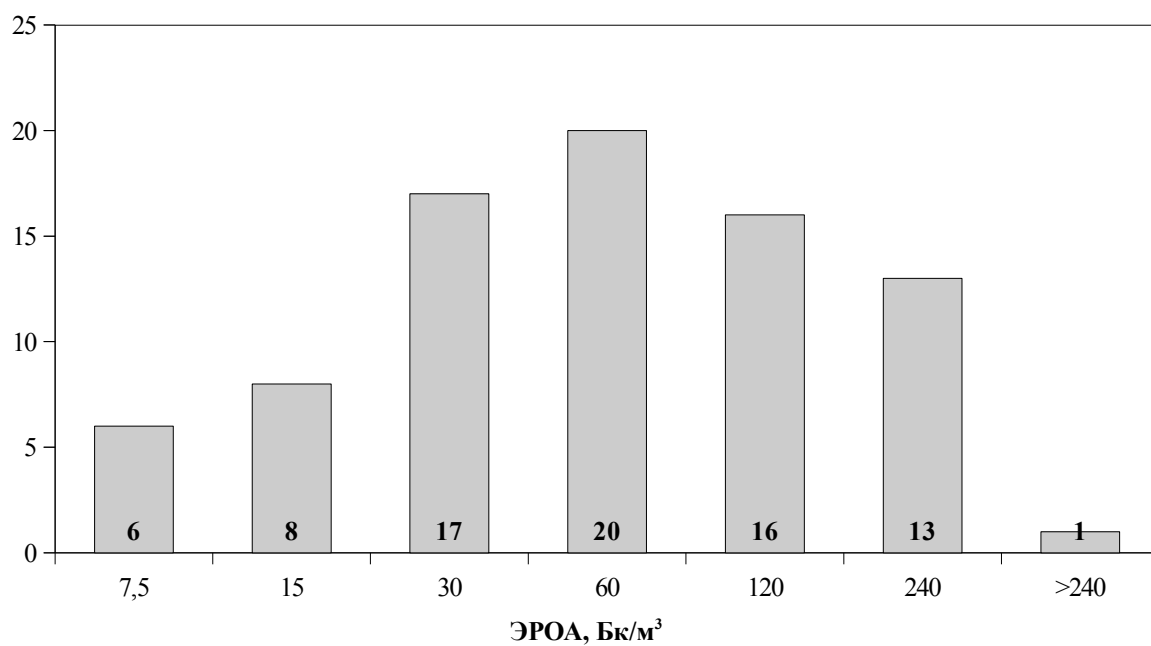


Рис. 3. Частотное распределение результатов интегральных измерений ОА радона и торона (2001 г.)

3. НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФАКТОРУ «РАДОН» В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ В 2006-2007 ГГ.

Полевые работы в Калмыкии в августе 2006 г.

Программа исследований в 2006 году началась с ознакомительной поездки в Калмыкию с 4 по 13 августа, которая была организована совместными усилиями ФГУН НИИРГ и Управления Роспотребнадзора по Республике Калмыкия. В поездке принимали участие трое экспертов из Швеции, трое из ФГУН НИРРГ, а также сотрудники ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Калмыкия». Главной целью поездки был сбор информации о ситуации с радоном в Республике и об источниках поступления радона в воздух помещений. Командой экспертов был изучен целый ряд материалов по геологии, географии, демографии, технологиям строительства, а также особенностям быта населения. Кроме того, был проведен ряд мгновенных измерений ОА радона, по два на каждое обследованное жилое здание, а также уровней гамма-излучения от строительных конструкций и грунта. По возможности измерения ОА радона проводились в подвалах, погребах и подполах. Содержание ^{226}Ra в почвах определялось *in situ* гамма-спектрометрическим методом (см. Приложение 1).

Один день поездки был отведен на совещание с представителями Управления Роспотребнадзора по Республике Калмыкия, ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Калмыкия» и местной администрации, которым были представлены предварительные результаты проведенных обследований. Еще полдня было отведено на семинар со специалистами территориальных отделов Роспотребнадзора и филиалов ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» всех районов Республики Калмыкия, который был посвящен радону и связанными с ним рисками здоровью населения.

Методы и средства измерения содержания радона в воздухе и ПРН в почве

В ходе реализации Программы исследований в 2006 году применялись следующие методы измерения параметров радиационной обстановки:

- интегральный метод измерения ОА радона в воздухе помещений;
- мгновенный метод измерения ЭРОА радона;
- гамма-спектрометрический метод измерения удельной активности (УА) ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почве. Данный вид измерений выполнялся с помощью полевого гамма-спектрометра, оборудованного сцинтилляционным детектором на основе кристалла NaI, легированного Tl.

Мгновенные измерения ЭРОА радона выполнялись с помощью радиометра аэрозолей РАА-10 (см. рис. 4) производства «НТМ-Защита» (Москва). Измерение осуществляется по следующей схеме: воздух прокачивается через фильтр АФА-РСП-10 со скоростью около 15 л/мин; полупроводниковый детектор регистрирует количество альфа-распадов по двум каналам, соответствующим RaA (^{218}Po) и RaC' (^{214}Bi); по заложенным методикам производится расчет ЭРОА радона. Длительность одного измерения составляет 5 минут (3 минуты – прокачка воздуха на фильтр, 2 минуты – измерение), погрешность – 30%. Нижняя граница диапазона измерений ЭРОА радона – 10 Бк/м³.



Рис. 4. Радиометр аэрозолей PAA-10

Интегральные измерения ОА радона выполнялись при помощи трековых детекторов альфа-частиц на основе пленки из нитрата целлюлозы типа LR-115 Type II (производства Kodak-Pathe, Франция). Пленка помещалась в специальный контейнер (см. рис. 5), конструкция которого была разработана специалистами ФГУН НИИРГ.



Рис. 5. Конструкция интегрального трекового радиометра радона (ИТРР) разработки ФГУН НИИРГ: 1 – пальцы с пленкой типа LR-115 Туре II; 2 – фиксирующая подставка для пальцев; 3 – цилиндрический пластиковый контейнер; 4 – силиконовая мембрана; 5 – крышка контейнера с отверстиями.

Пальцы с пленкой вставляются вертикально в фиксирующую подставку, помещаются в контейнер и прикрываются мембраной, после этого контейнер закрывается крышкой. Радон свободно проникает в контейнер через отверстия в крышке и мембрану, толщина которой не позволяет торону проникать внутрь.

Травление пленочных детекторов осуществляется в 6N-растворе NaOH в дистиллированной воде при помощи комплекса ТРАЛ в течение 135 минут при температуре 50 ± 1 °C. Протравленные, промытые и высушенные пленочные детекторы поочередно помещают в искровой счетчик для подсчета количества треков. Напряжение пробоя – 600 В, напряжение счета – 480 В. ОА радона вычисляется по формуле

$$C_{Rn} = (n - n_0) / (T_{exp} \cdot \epsilon), \text{ Бк/м}^3$$

где n и n_0 – измеренная и фоновая поверхностная плотность треков, $1/\text{см}^2$;

T_{exp} – время экспозиции, сутки;

ϵ – чувствительность пленочного детектора, $(1 \cdot \text{м}^3) / (\text{см}^2 \cdot \text{Бк} \cdot \text{сутки})$.

Чувствительность трековых детекторов была проверена до начала Программы исследований и во ФГУН НИИРГ, и в SSI. Травление и обсчет детекторов были выполнены во ФГУН НИИРГ. Детекторы были установлены в жилых домах на три месяца во время зимнего отопительного сезона 2006-2007 года, по два в каждом доме: один обычно в спальне, второй – в гостиной. В двухэтажных домах, принадлежащих одной семье, детекторы располагались по одному на каждый этаж. В многоквартирных домах детекторы располагались в квартирах на первом этаже.

Измерения удельной активности ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почвах и подстилающих породах проводились с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра МКС-АТ6101Д (см. рис. 6) производства АТОМТЕХ (Республика Беларусь). Сначала блок детектирования (БД) спектрометра располагался на уровне земли, а затем на дне лунок, через каждые 20 см по глубине и до 1 м включительно. Время каждого измерения составляло 20–25 минут. Результатами измерений были значения удельной активности ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почве на различной глубине. В результате измерения на глубине 1 м, выполнявшегося, фактически, в 4 π -геометрии, был введен поправочный коэффициент, равный 0,6.



Рис. 6. Полевой гамма-спектрометр МКС-АТ6101Д

Результаты измерений, полученные в ходе полевых работ в августе 2006 г.

В ходе полевых работ в августе 2006 года российские и шведские эксперты обследовали 103 жилых здания в деревнях и поселках Калмыкии. Для облегчения установления контактов с местным населением и домовладельцами были привлечены сотрудники ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Калмыкия». В одной или двух комнатах каждого из обследованных жилых домов проводились мгновенные измерения ЭРОА радона. Кроме того, для гамма-съемки внутренних помещений и прилегающей к домам территории использовались сцинтилляционные гамма-радиометры, а для измерения МЭД гамма-излучения строительных конструкций и почвы – дозиметры на основе счетчиков Гейгера-Мюллера. В некоторых домах удалось провести гамма-съемку подвальных помещений, а при наличии подпола в доме или погреба на участке в них обязательно проводились измерения ЭРОА радона и МЭД гамма-излучения. В ходе обследования фиксировались такие данные, как тип здания, использованные строительные материалы, тип системы отопления и вентиляции, используемые источники водоснабжения (см. Приложение 2).

В совокупности в ходе этой работы в 103 зданиях в 6 населенных пунктах было проведено 148 измерений ЭРОА радона, из них 110 – в жилых домах, 21 – в погребах и подполах, 17 – в школах и детских садах. 70% от общего числа измерений были проведены в частных домах, 11% – в многоквартирных. Максимальные измеренные значения ЭРОА радона составили 1360 Бк/м³ в погребе и 200 Бк/м³ в жилой части дома. В 93% зданий уровень ЭРОА радона был ниже 100 Бк/м³. Измерения выполнялись в летнее время, окна и двери были, в основном, открыты, помещения хорошо проветривались, поэтому так велик процент домов с уровнем ЭРОА радона ниже 100 Бк/м³. Результаты измерений в августе 2006 года представлены в Приложении 2.

Населенный пункт	Школы и детские сады	Частные дома	Многоквартирные дома	Подполы и погреба
	Количество измерений			
Нарта	4	12	2	2
Воробьевка	–	23	–	3
Чолун-Хомур	3	23	1	8
Ики-Бурул	–	5	–	4
Шатта	8	26	4	4
Баир	2	14	–	–
ВСЕГО	148 / 100%			
	17 / 11%	103 / 70%	7 / 5%	21 / 14%

Таблица 7. Распределение количества измерений ЭРОА радона по населенным пунктам и типам зданий

Населенный пункт	Школы и детские сады	Частные дома	Многоквартирные дома	Подполы и погреба
	Максимальное измеренное ЭРОА _{Rn} , Бк/м ³			
Нарта	45	125	40	760
Воробьевка	–	150	–	1025
Чолун-Хомур	80	100	60	1360
Ики-Бурул	–	< 30	–	940
Шатта	50	200	60	810
Баир	40	120	–	–

Таблица 8. Максимальные измеренные значения ЭРОА радона в различных населенных пунктах и типах зданий

Результаты измерений содержания радона в воздухе жилых зданий зимой 2006-2007 гг.

С целью получения данных об ОА радона в воздухе достаточно большого числа жилых зданий, равномерно распределенных по всей территории Калмыкии, и дальнейшей оценки дозовой нагрузки и вклада в нее облучения от радона для всего населения республики, Программа исследований включала в себя измерения ОА радона в 500 случайно выбранных жилых домах, равномерно распределенных по всей территории республики. В течение трех зимних месяцев 2006-2007 гг. в 525 жилых зданиях экспонировались трековые детекторы. Общее количество детекторов было распределено по районам республики пропорционально численности проживающего там населения; общее количество детекторов на район – пропорционально численности населенных пунктов и равномерно по их территории.

В ноябре 2006 года специалист ФГУН НИИРГ посетил Калмыкию с целью информирования сотрудников филиалов ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» всех районов Республики Калмыкия о целях и задачах Национальной Программы исследований по фактору «радон» в Республике Калмыкия и инструктажа по порядку установки и снятия трековых детекторов, а также по заполнению анкеты. Анкета, разработанная во ФГУН НИИРГ, идет в комплекте с каждым детектором и должна содержать всю необходимую информацию о здании, в котором он установлен.

Т.о., работа по расстановке и снятию трековых детекторов была поручена сотрудникам филиалов ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в районах Республики Калмыкия. Кроме того, в ходе двух визитов в каждый из выбранных домов, их жители были проинформированы о рисках здоровью, связанных с дыханием воздухом, насыщенным радоном, особенно в сочетании с усугубляющим действием курения.

В совокупности в 525 жилых зданиях было проведено 834 измерения, из них в 330 частных домах – 551 измерение (66% от общего числа), в 195 многоквартирных домах – 283 измерения (34%). Результаты измерений представлены в Приложении 3.

Тип жилого здания	ОА радона, Бк/м ³				Количество измерений
	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	
Частные дома	131	103	10	973	551
Многоквартирные дома	59	46	10	452	283
Все здания	122	94	10	973	834

Таблица 9. Результаты интегральных измерений ОА радона в жилых зданиях зимой 2006-2007 гг.

Как и ожидалось, ОА радона сильно варьируется как в частных домах, так и в многоквартирных (см. табл. 9). Поскольку большинство измерений было сделано в частных домах, среднее значения ОА по всем измерениям близко к среднему в частных домах.

Распределение результатов измерений ОА радона, выполненных зимой 2006-2007 гг., показано на рис. 7. В соответствии с российскими нормативными документами, максимальное допустимое значение ЭРОА радона в воздухе существующих жилых зданий составляет 200 Бк/м³, что соответствует ОА радона равной 400 Бк/м³. Результаты только 19 измерений из проведенных 834 превышают этот уровень (2,3% от общего числа измерений).

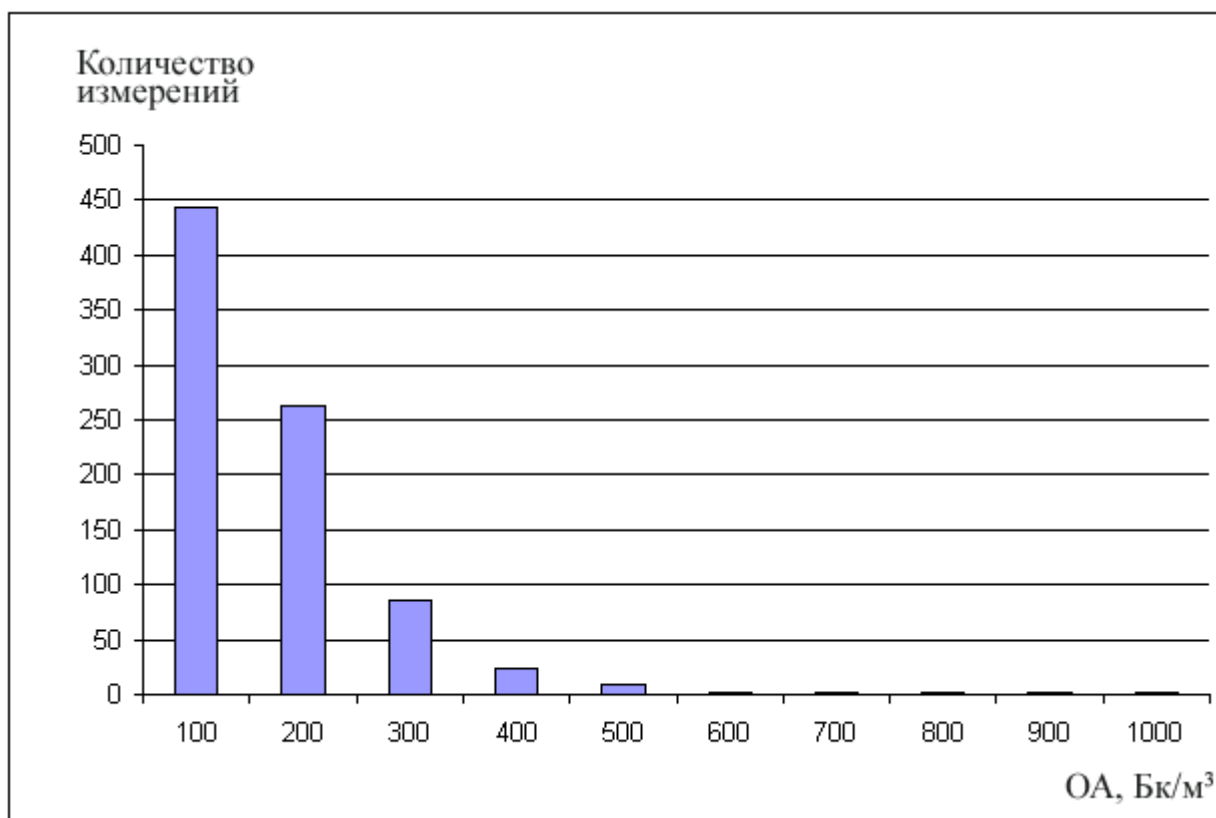


Рис. 7. Частотное распределение результатов измерений ОА радона в 525 случайно выбранных жилых зданиях зимой 2006-2007 гг.

Кроме того, в г. Элисте было выбрано 20 жилых зданий, в которых ожидалось уровни ОА радона выше среднего, с целью проведения детального исследования годового колебания

содержания радона в воздухе. Колебания проще обнаружить в местах с повышенным содержанием радона, поэтому были выбраны здания, находящиеся на холмах и почвах с хорошей проницаемостью; большинство зданий были относительно новой постройки.

В 20 выбранных зданиях было проведено в совокупности 480 измерений: 384 измерения в 16 частных домах; 48 измерений в 2 многоквартирных домах; 48 измерений в 2 школах. Результаты измерений представлены в Приложении 4.

В выбранных зданиях измерения проводились в течение 12 месяцев, с декабря 2006 года по конец ноября 2007 года, при этом трековые детекторы менялись каждый месяц. Для измерений были выбраны только одноэтажные и двухэтажные здания. Среднегодовое значение ОА радона составило 127 Бк/м^3 , при этом среднее значение за период с декабря 2006 года по март 2007 года составило 150 Бк/м^3 (см. рис. 9). Результаты этих измерений были использованы для расчета поправочного коэффициента, введенного при пересчете результатов измерений ОА радона в 525 случайно выбранных жилых зданиях в течение трех зимних месяцев 2006-2007 гг. в среднегодовое значение. Было получено значение поправочного коэффициента равное 0,85, учтенное в результатах, представленных в табл. 9.

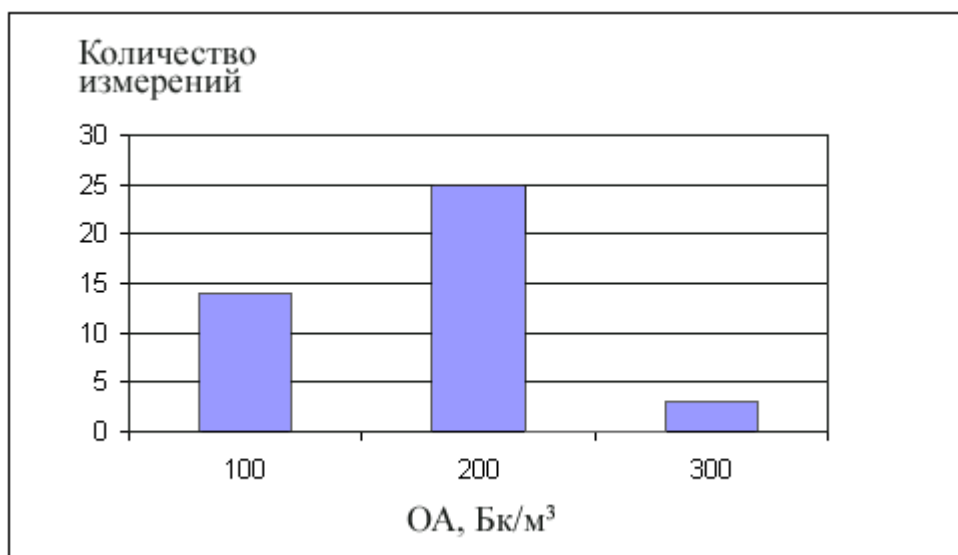


Рис. 8. Частотное распределение результатов детальных годовых измерений ОА радона в 20 зданиях г. Элисты (декабрь 2006 г. – конец ноября 2007 г.)

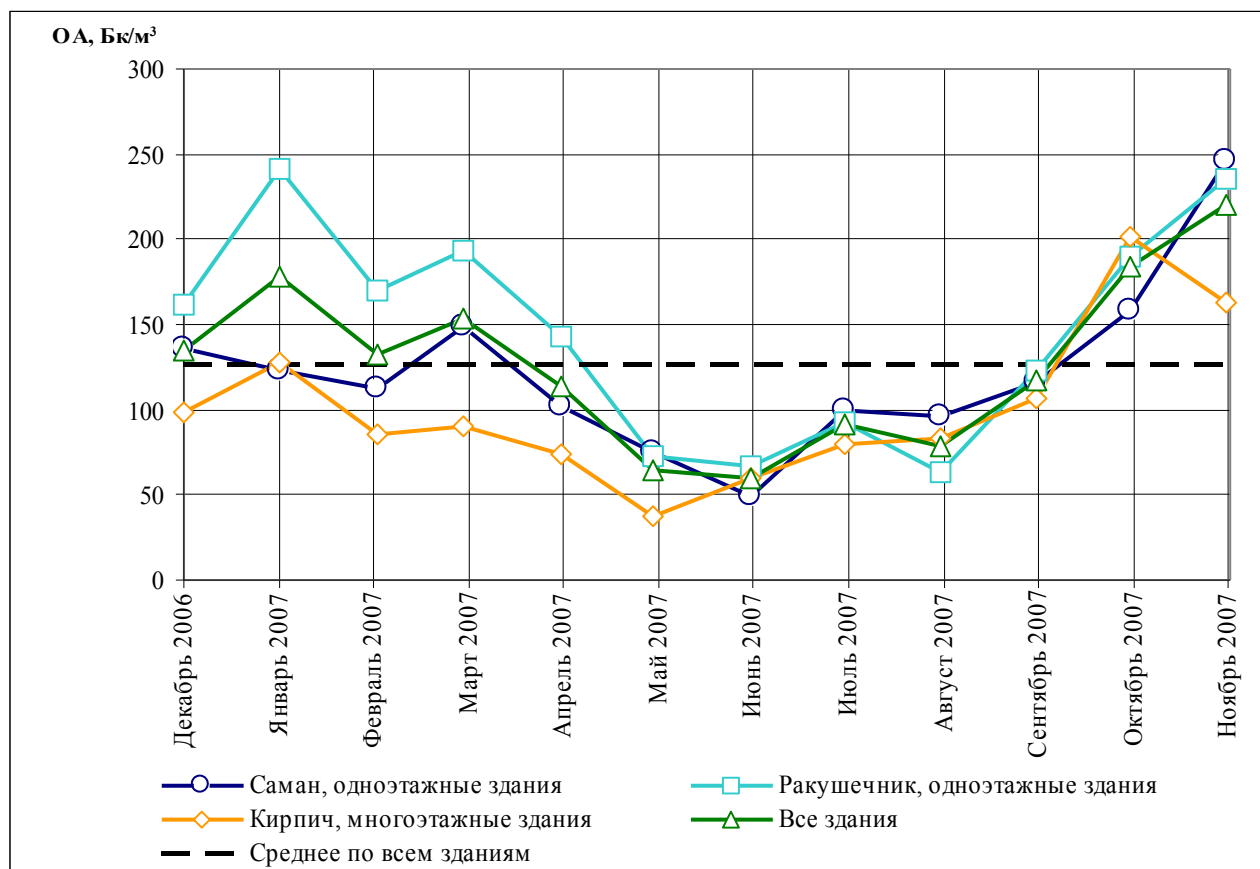


Рис. 9. График годового изменения ОА радона в зданиях из различных строительных материалов (по результатам измерений в 20 зданиях г. Элисты с декабря 2006 г. по конец ноября 2007 г.)

Результаты годовых измерений в г. Элисте показывают, что в период с апреля по сентябрь ОА радона может быть на 40–55% ниже, чем в период с октября по март. В течение теплого периода года температура воздуха внутри зданий и на улице примерно одинакова, поэтому отсутствует эффект тяги, а интенсивная вентиляция вследствие открывания окон и дверей увеличивает кратность воздухообмена в помещениях. В течение холодного периода года окна и двери держатся закрытыми, что сводит интенсивность вентиляции к минимуму, а кроме того, включенное отопление усиливает эффект тяги, вследствие чего радон начинает интенсивнее поступать из грунта в здание.

4. ИСТОЧНИКИ И ПРИЧИНЫ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДОНА В ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

Строительные материалы

В ходе полевых работ в августе 2006 года было обследовано 103 частных дома, 7 квартир в многоквартирных домах и 17 школ. В большей части обследованных частных домов в различных поселках материалами наружных и внутренних стен служат блоки из ракушечника, саман (смесь соломы с глиной), деревянные щиты и иногда кирпичи из красной глины. Многие дома облицованы белыми блоками из известняка или песчаника. Все строительные материалы в обследованных зданиях имеют низкое содержание ПРН, что подтверждено измерениями МЭД гамма-излучения: среднее значение составило 0,10 мкЗв/ч. Это свидетельствует о том, что строительные материалы могут быть ответственны лишь за малую часть поступления радона в воздух помещений. Т.о., основная причина поступления радона внутрь зданий – это пассивная эксхалация радона с поверхности земли или активный транспорт радона в смеси с грунтовым воздухом из подстилающих пород под зданиями вследствие конвекции из-за разности давлений.

Несмотря на то, что в ходе работ в августе 2006 года только в 103 частных домах были проведены измерения МЭД гамма-излучения строительных материалов, а в Программу исследований по фактору «радон» подобные измерения не входили, мы пришли к мнению, что вряд ли на территории Калмыкии встречаются строительные материалы с повышенным содержанием ПРН, поскольку кларк урана в почвах и подстилающих породах на территории республики весьма низок.

Радоновыделение из грунтов

Для оценки потенциальной радоноопасности участков территории, на которых были построены обследованные здания, в каждом из населенных пунктов выполнялись гамма-спектрометрические измерения. Сначала БД спектрометра располагался на уровне земли, а затем на дне лунок, через каждые 20 см по глубине и до 1 м включительно. Измерения показали, что УА ^{226}Ra лежит в пределах от 11,7 до 44,6 Бк/кг (типичные значения – от 20 до 40 Бк/кг). Результаты измерений представлены в Приложении 1.

Измерения ОА радона в грунтовом воздухе не проводились, однако этот показатель можно оценить аналитически, используя следующее выражение [Clavensjö, Åkerblom, 1994]:

$$C_{\max} = A \cdot e \cdot \sigma \cdot (1 - p) \cdot p^{-1},$$

где $C_{\max}$ – максимальная ОА радона в грунтовом воздухе, кБк/м³;

A – УА ^{226}Ra в грунте, Бк/кг;

e – коэффициент эманирования грунта;

σ – удельный вес сухого грунта, кг/м³ (для почв обычно равен 2650 кг/м³);

p – пористость грунта, %.

Используя данное выражение, можно приблизительно оценить максимальную ОА радона в грунтовом воздухе. Расчет по результатам проведенных гамма-спектрометрических измерений (по типичным значениям УА ^{226}Ra) дает диапазон значений ОА радона в грунтовом воздухе от 30000 до 60000 Бк/м³ (в расчетах были приняты следующие значения коэффициентов: $e = 0,4$; $p = 40\%$). Обычно реальные значения ОА радона в грунтовом

воздухе оказываются ниже аналитических вследствие того, что в выражении не учитывается плотность потока радона с поверхности грунта.

Конструкция зданий

Большая часть обследованных частных домов были одноэтажными, построенными прямо на земле; фундаментом для них служили блоки из ракушечника, бетонные блоки или монолитная бетонная плита. В доме, как правило, от 3 до 5 комнат. Полы сделаны из досок или бревен и расположены на высоте 20–30 см от уровня земли, но лишь в небольшой части домов имелся полноценный подпол. В подполах крайне редко имелись вентиляционные отверстия, но и они были зачастую забиты старыми коврами, чтобы исключить любое продувание подпольного пространства. Между половицами обычно имелись щели, которые никак не были заделаны. Зачастую через эти щели была видна поверхность земли. В некоторых домах поверх дощатого пола был настелен линолеум. Результаты обследований говорят об одном: никаких специальных мер по газоизоляции полов и предотвращению поступления радона из подпольного пространства в воздух жилых помещений в домах не предпринимается.

Вентиляция помещений осуществляется за счет открытых окон и дверей и сквозняка из щелей в строительных конструкциях. Дома обычно отапливаются печкой, расположенной в центре дома; в качестве топлива используются уголь, дрова, коровий и бараний кизяк, гораздо реже – природный газ.

Ни один из обследованных домов в поселках не был оборудован водопроводом, подключенным к колодцу или скважине. Воду привозят к дому или группе домов и хранят в цистерне, а непосредственно в дом либо переносят ведрами, либо подают по шлангу. Поскольку вода хранится в цистерне достаточно долго, то, даже если изначально в ней и содержится радон, к моменту использования в быту он уже распадается.

В обследованных многоквартирных домах стены были либо кирпичные, либо панельные; фундамент – кирпичный, либо из бетонных блоков, либо монолитный. Полы в таких домах либо бетонные, либо земляные. Подвальное пространство обычно хорошо вентилировалось, поскольку, как правило, были разбиты несколько вентиляционных окон.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из результатов наших полевых работ в Калмыкии является установленный факт того, что основным источником поступления радона в воздух помещений является радоновыделение из грунтов, на которых построено здание. Эксхалация же радона из строительных конструкций пренебрежимо мала.

Радон поступает внутрь зданий тремя различными путями:

1. Прямое радоновыделение с поверхности грунта. Этот случай имеет место, если полы в жилых помещениях земляные, ничем не покрыты, и радон выделяется непосредственно в воздух помещений.
2. Конвективный перенос с воздухом из подпольного пространства. В этом случае радон, выделяющийся из верхнего слоя грунта под зданием, смешивается с воздухом в подпольном пространстве, и далее смесь переносится в жилые помещения через отверстия в полу. В качестве таких отверстий могут выступать щели между половицами, зазоры в местах прокладки труб водо- и газоснабжения и канализации, стыки между стенами и полом.
3. Активный транспорт в смеси с грунтовым воздухом. Воздух активно высасывается из грунта под зданием под действием тяги, создаваемой разностью давлений, образующейся из-за разности температур воздуха в грунте и внутри здания. Этот процесс наиболее активно протекает во время отопительного сезона, что наглядно подтверждается результатами годовых измерений в г. Элисте: ОА радона в воздухе помещений летом примерно в 3,7 раза ниже, чем зимой (см. рис. 9).

По нашему мнению, третий путь поступления радона внутрь зданий является самым распространенным. Результаты наших исследований крайне важны для выбора методов снижения содержания радона в воздухе существующих зданий, а также для разработки радонозащитных мероприятий на этапе проектирования новых зданий.

6. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РАДОНОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Поскольку основной источник поступления радона в воздух помещений в Калмыкии – это радоновыделение из грунтов, необходимо использовать методы радонозащиты, целью которых является перекрытие путей поступления радона внутрь здания. Ниже дан обзор методов, подходящих для существующих зданий и для проектируемых и строящихся зданий [Clavensjö, Åkerblom, 1995].

Для существующих зданий:

- герметизация всех трещин, швов, стыков, щелей и прочих отверстий – это первостепенная задача;
- устройство системы откачки воздушно-радоновой смеси из-под фундамента (см. рис. 4 в Приложении 5) – наилучший вариант, если фундамент выполнен в виде монолитной бетонной плиты;
- устройство «радонового отстойника» – это подходящий метод, если здание построено на грунте с высокой проницаемостью, например, толстым слое песка, гравия, обратной засыпки;
- если в здании имеется подпол или погреб – укладка на грунт пластиковой пленки толщиной более 0,4 мм с целью предотвратить поступление радона из грунта в подпольное пространство;
- усиление вентиляции подпольного пространства и увеличение кратности воздухообмена в жилых помещениях с целью «разбавления» воздушно-радоновой смеси и прямого снижения содержания радона в воздухе.

Для проектируемых и строящихся зданий:

- Возведение здания на монолитной бетонной плите, над которой поднимаются стены. Крайне важно загерметизировать все отверстия в плите: места ввода инженерных сетей, швы между плитами. Бетонной подушки толщиной 10 см вполне достаточно, чтобы перекрыть практически весь поток радона, поэтому нет необходимости делать подушку толще или использовать водонепроницаемый бетон. Однако плита должна быть армированной (т.е. железобетонной) для предотвращения образования трещин. Если в здании будет подвал, то ограждающие конструкции также должны возводиться из монолитного железобетона. Если же они проектируются сборными, то снаружи их необходимо покрыть подходящим герметизирующим материалом.
- Если в здании будет подвал, возможна укладка на грунт пластиковой пленки толщиной более 0,4 мм с целью предотвратить поступление радона из грунта. Чтобы обеспечить в подвальном пространстве низкое содержание радона, дополнительно можно уложить под пленку перфорированные дренажные трубы. Перфорированные трубы соединяются в сеть с помощью неперфорированных, из центра сети на крышу здания выводится труба, оборудованная вытяжным вентилятором. Т.о., под пленкой образуется область пониженного давления, что препятствует поступлению радона из грунта в подвальное пространство.
- Низкого содержания радона в воздухе жилых помещений также можно добиться, уложив пластиковую пленку под полом нижнего этажа (либо непосредственно внутри перекрытия). При этом крайне важно обеспечить механическую целостность пленки на этапе ее укладки и защитить ее от повреждений в процессе эксплуатации здания, поскольку через эти отверстия из подвального пространства будет поступать воздушно-радоновая смесь.

В Калмыкии, насколько мы можем судить, содержание радона в грунтовом воздухе невелико, а основная причина повышенного содержания радона в воздухе зданий – это то, что они никак не изолированы от поступления в них грунтового воздуха, насыщенного радоном, и от потока радона с поверхности грунта под зданием. По нашему мнению, такие простые методы радонозащиты, как укладка в подвалах и погребах на грунт пластиковой пленки и герметизация щелей и отверстий в полах нижних этажей зданий, позволят в большинстве случаев существенным образом снизить содержание радона в воздухе жилых помещений.

Подробное описание методов и средств радонозащиты можно найти в книге Bertil Clavensjö and Gustav Åkerblom «The Radon Book – Handbook on Mitigation Against Radon», раздел Existing Buildings.

7. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Большую часть жилого фонда Калмыкии (66%) составляют частные дома. Согласно ежегодному отчету «Уровень жизни населения республики Калмыкия» [7], численность населения составляет 290626 человек. Т.о., 191813 человек проживают в частных домах, большинство из которых являются одноэтажными. 34% населения (98813 человек, см. табл. 1) проживает в многоквартирных домах или общежитиях (жилых зданиях, в которых 1-2 индивидуальные комнаты на каждую семью и общие санузел и кухня на каждом этаже). В наших расчетах мы принимали, что среднее число этажей в многоквартирных домах и общежитиях равняется 4,5. Это допущение позволило нам вычислить количество людей, проживающих на первом этаже (21958 человек). Выше первого этажа проживают, соответственно, 76855 человек.

Следует особо подчеркнуть, что дома для проведения в них измерений выбирались абсолютно случайным образом, только пропорционально численности населения района, а измерения не были направлены на выявление потенциально радоноопасных территорий.

В совокупности, интегральные измерения ОА радона были проведены в 525 жилых зданиях: в 330 частных и 195 многоквартирных домах.

Задача изучения доли времени, проводимого населением Калмыкии в помещениях и на открытом воздухе, как таковая, не ставилась, поэтому вполне возможно, что для городского и сельского населения эти доли отличаются. В расчетах было принято допущение, что 50% времени жители проводят в помещениях и 50% – на улице. В Публикации 65 МКРЗ среднее время, проводимое в помещении, принимается равным 7008 часам в год [11]. Оба допущения (как модели разного образа жизни людей) использовались в расчетах доз облучения за счет радона и оценке рисков заболевания раком легкого, связанных с ингаляцией радона.

Согласно отчетам «Состояние онкологической помощи населению России» за 2003-2006 гг. [1-4], среднее количество новых зарегистрированных случаев заболевания раком легкого в Республике Калмыкия составляет 100 в год. К сожалению, в статистических данных нет разделения по половому признаку и отсутствуют данные о количестве курильщиков.

Облучение населения Калмыкии за счет радона в жилых зданиях

В табл. 10 приведены данные об ОА радона (среднее арифметическое и максимальное значение) в воздухе жилых зданий, сгруппированные по районам и населенным пунктам. В основе этих данных лежат результаты 834 интегральных измерений ОА радона, выполненных в 2006-2007 гг.

Населенный пункт	Количество жителей	Количество обследованных зданий	ОА радона, Бк/м ³	
			Среднее	Максимум
Элиста	102700	105	98	452
Яшалтинский район				
Яшалта	5100	14	136	391
Весёлое	579	4	153	359
Октябрьский	971	6	120	265
Красный партизан	360	4	108	212
Красное Михайловское	1188	5	186	360
Матросово	402	5	233	351

Населенный пункт	Количество жителей	Количество обследованных зданий	ОА радона, Бк/м³	
			Среднее	Максимум
Лаганский район				
г. Лагань	14300	25	72	251
с. Улан-Хол	2654	9	105	241
с. Джалыково	1560	5	196	545
Приютненский район				
п. Первомайский	846	4	233	410
Воробьевское СМО	1154	5	293	391
п. Ульдючины	777	8	295	800
п. Нарта	333	8	106	191
Сарпинский район				
с. Садовое	6579	16	111	296
с. Обильное	1251	5	132	208
п. Аршан-Зельмень	668	5	197	354
п. Догзмакин		4	133	169
Черноземльский район				
п. Комсомольский	4600	8	134	354
п. Артезиан	3590	18	78	183
п. Прикумский	1090	5	90	130
п. Ачинеры	970	2	58	81
п. Сарул	488	3	127	248
п. Нарын-Худук	590	2	263	458
п. Адык	970	3	124	151
Юстинский район				
п. Цаган-Аман	6479	8	94	184
Эрдниевское СМО	918	5	80	143
Татальское СМО	839	4	89	120
п. Белозерное		8	79	153
Целинный район				
с. Троицкое	10300	10	109	490
п. Ики-Чонос	980	5	445	973
с. Вознесеновка	2900	6	93	216
п. Хар-Бурук		5	98	256
п. Яшкуль (Верхний?)	900	4	104	125
п. Овата	860	5	110	214
Кетченеровский район				
п. Кетченеры	4110	4	158	311
п. Ергенинский	839	4	147	216
п. Чкаловский	865	4	185	409
п. Шата	677	4	148	293
п. Алцын-Хута	817	4	243	325
п. Годжурский		5	248	397
Яшкульский район				
с. Яшкуль	7400	16	116	240
п. Привольный	1059	6	122	263
СПК «Чилгир-1»	1039	5	125	206

Населенный пункт	Количество жителей	Количество обследованных зданий	ОА радона, Бк/м ³	
			Среднее	Максимум
«Улан-Эргэ»	1093	4	104	175
Ики-Бурульский район				
п. Ики-Бурул	3800	5	93	160
п. Приманыч	880	6	139	369
п. Оргакин		6	115	264
п. Шатта		4	141	224
п. Магна		5	251	731
Малодербетовский район				
с. Малые Дербеты	6000	15	62	225
п. Ханата		5	77	139
Плодовитинское СМО		4	123	240
Хончнуровское СМО		4	89	118
Октябрьский район				
п. Б. Царын	5100	24	137	393
п. Джангар		4	47	62
п. Цаган-Нур		5	103	190
п. Хошеут		4	146	315
Городовиковский район				
г. Городовиковск	10000	17	148	815
п. Большой Гок		5	213	363
п. Бага-Бурул		5	125	187
п. Шин-Бедл		4	75	97
п. Амур-Санан		5	168	491
с. Виноградное		5	183	357

Таблица 10. Сводная таблица результатов всех интегральных измерений ОА радона, выполненных в Калмыкии с декабря 2006 г. по конец ноября 2007 г. в рамках Национальной Программы исследований по фактору «радон»

В частных домах среднее значение ОА радона составило 131 Бк/м³. Все измерения в многоквартирных домах проводились на первом этаже, вне зависимости от того, был ли в доме подвал или нет. Т.о., результаты измерений в многоквартирных домах иллюстрируют ситуацию только в квартирах первого этажа. В них среднее значение ОА радона составило 59 Бк/м³. Поскольку выше первого этажа измерения не проводились, при расчете доз облучения среднее значение ОА радона в воздухе помещений выше первого этажа было принято равным 20 Бк/м³. Частотное распределение результатов измерений ОА радона в жилых зданиях показано на рис. 7.

Результаты всех интегральных измерений, проведенных в рамках Программы исследований, были использованы при расчете доз облучения населения Калмыкии за счет радона в воздухе жилых помещений. В соответствии с Публикацией 65 МКРЗ [11], дозовый коэффициент принимается равным 0,021 мЗв / (год · Бк/м³) – 8760 часов в год, коэффициент равновесия равен 0,4. В табл. 11 приведены результаты расчета доз облучения населения, проживающего в жилых зданиях различного типа. В зависимости от доли времени в течение года, которую жители проводят в помещениях, для всего населения Калмыкии в целом получены следующие результаты: 1 мЗв/год при 50% времени в помещениях; 1,6 мЗв/год – при 80%; 2 мЗв/год – при 100%.

Тип жилого помещения	Количество жителей	Средняя ОА радона, Бк/м ³	Доза, мЗв/год		
			50% времени в помещении (4380 ч/год)	80% времени в помещении (7008 ч/год)	100% времени в помещении (8760 ч/год)
Частные дома	191813	131	1,4	2,2	2,8
Квартиры на первом этаже	21958	59	0,6	1,0	1,2
Квартиры выше первого этажа	76855	20*	0,2	0,3	0,4
Все типы	290626	96	1,0	1,6	2,0

* – предполагаемое значение

Таблица 11. Годовые дозы облучения населения Калмыкии за счет радона в воздухе жилых помещений

Учитывая коэффициент ущерба, принимаемый для населения равным $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$ (в соответствии с Публикацией 65 МКРЗ [11]), результаты Национальной Программы исследований по фактору «радон» показывают, что в Калмыкии, в зависимости от доли времени, проводимой в помещениях, ежегодно от 20 до 40 человек (как курящих, так и некурящих) могут заболеть раком легкого вследствие облучения за счет радона в воздухе жилых помещений.

Согласно отчетам «Состояние онкологической помощи населению России» за 2003-2006 гг. [1-4], каждый год в Республике Калмыкия регистрируется 100 новых случаев заболевания раком легкого. Т.о., в соответствии с результатами наших расчетов, от 20 до 40% новых случаев заболевания может быть спровоцировано облучением за счет радона в воздухе жилых помещений, при этом 89% таких случаев будет приходиться на жителей частных домов и 11% – на жителей многоквартирных домов.

Значение коэффициента ущерба, предложенное МКРЗ, базируется на результатах эпидемиологических исследований заболеваемости шахтеров, подвергающихся облучению за счет радона в воздухе шахт. Условия производственного облучения в определенной мере отличаются от условий облучения в быту, поэтому не совсем корректно экстраполировать результаты, полученные для шахтеров, на население. Однако, за последние 15 лет был проведен целый ряд исследований влияния облучения за счет радона в быту на заболеваемость раком легкого, и значение коэффициента ущерба, полученное в этих исследованиях, хорошо согласуется с предложенным МКРЗ [9,10]. В нескольких исследованиях также был выявлен синергетический эффект курения и облучения за счет радона [9]. В масштабном европейском объединенном отчете о результатах подобных исследований [10] показано, что данный синергетический эффект является мультипликативным: риск заболевания раком легкого для человека, курившего всю жизнь, в 25 раз выше, чем для человека, не курившего никогда. Применительно к результатам измерений в Калмыкии, получается, что при средней ОА радона равной 96 Бк/м³, средняя доза облучения для некурящих составляет около 0,3 мЗв/год, тогда как для курильщиков уже около 6 мЗв/год.

	2003	2004	2005	2006
Количество новых случаев заболевания раком трахеи, бронхов, легкого	116	91	85	105
Количество летальных случаев за первый год после выявления заболевания	78,8%	81,9%	81,3%	56,0%
Общее количество состоящих на учете пациентов (на конец года)	148	137	132	145
Количество летальных случаев (к обсуждению)	38,6%	40,2%	38,9%	39,0%

Таблица 12. Динамика онкологической заболеваемости (рак трахеи, бронхов, легкого) в Калмыкии [1-4]

8. ВЫВОДЫ

1. Результаты Национальной Программы исследований по фактору «радон» показывают, что в Калмыкии ОА радона в воздухе жилых помещений довольно высока по сравнению со среднемировым уровнем – 122 Бк/м³ против 30–40 Бк/м³ [6]. Среднегодовая доза облучения за счет радона в воздухе жилых помещений составляет 1 мЗв/год при условии, что в помещении человек проводит 50% всего времени. Ежегодно от 20 до 40 человек могут заболеть раком легкого вследствие облучения за счет радона в воздухе жилых помещений.
2. Радон, поступающий в воздух помещений в Калмыкии, является продуктом распада ²²⁶Ra в подстилающих породах и грунтах. Внутри жилых помещений он проникает через щели и отверстия в полах, настиленных крайне низко над поверхностью земли. Содержание ²²⁶Ra в почвах Калмыкии варьируется от низкого до нормального, содержание ²²²Rn в грунтовой воздухе невысоко, и в нормальных условиях это не приводило бы к таким высоким значениям ОА радона в воздухе помещений, как это происходит в Калмыкии. Однако, дома в Калмыкии имеют недостаточную защиту от проникновения радона вследствие особенностей конструкции фундаментов, полов, ограждающих конструкций подвалов, которые обычно никак не препятствуют поступлению радона из грунта под зданием.
3. В Калмыкии относительно немного зданий с экстремально высокими значениями ОА радона в воздухе, однако средний уровень ОА радона сам по себе довольно высок. С помощью рекомендованных радонозащитных мероприятий (см. раздел 6) можно решить эту проблему в существующих зданиях и предотвратить ее появление в проектируемых и строящихся зданиях.

Для существенного снижения содержания радона в существующих зданиях в большинстве случаев достаточно весьма простых методов. В случае, если здание построено без фундамента и имеется подпол, мы рекомендуем уложить на поверхность грунта пластиковую пленку и загерметизировать все щели и отверстия в полах. Если здание построено на монолитной бетонной плите, в первую очередь необходимо загерметизировать все трещины и отверстия в плите, но возможно потребуется установить систему откачки воздушно-радоновой смеси из-под фундамента (см. рис. 4 в Приложении 5).

При проектировании и строительстве новых зданий необходимо предусмотреть и осуществить радонозащитные мероприятия, направленные на перекрытие путей поступления радона внутрь здания. Для зданий с монолитным фундаментом этого можно достичь путем аккуратной заливки армированной (железобетонной) стяжки толщиной не менее 10 см с последующей герметизацией всех трещин и отверстий. Если в здании предусмотрен подвал, то необходимо уложить на грунт пластиковую пленку толщиной более 0,4 мм и герметично соединить ее с ограждающими конструкциями подвала. Также возможна укладка пластиковой пленки под полом нижнего этажа (либо непосредственно внутрь перекрытия). При этом необходимо обеспечить хорошую вентиляцию подвального пространства.

4. Важной задачей в деле общего снижения среднего содержания радона в воздухе зданий является полноценное информирование чиновников, курирующих строительный сектор и здравоохранение по всем вопросам, связанным с радоновой проблемой, чтобы они, в свою очередь, могли донести до домовладельцев информацию о связанных с радоном рисках здоровью, а также о способах радонозащиты, позволяющих снижать эти риски.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Результаты спектрометрических измерений грунта в Калмыкии в 2006 г.

Радионуклид	Удельная активность природных радионуклидов на разной глубине (м) от поверхности земли, Бк/кг	
	0,0	1
Пос. Нарта, Приютинский район: ул. Ленина, в 40 м от здания администрации муниципального образования по направлению к разрушенным зданиям		
^{238}U (^{226}Ra)	24,4	22,1
^{232}Th	43,5	36,7
^{40}K	699	666
Пос. Нарта, Приютинский район: ул. Ленина, в 30 м от здания администрации муниципального образования (стена полуразрушенного дома, материал стены – ракушечник)		
^{238}U (^{226}Ra)	23,0	
^{232}Th	15,0	
^{40}K	200	
Пос. Воробьевка, Приютинский район: восточная окраина поселка; на крайней улице в 100 м от въезда в поселок		
^{238}U (^{226}Ra)	18,6	26,8
^{232}Th	38,6	38,6
^{40}K	672	690
Пос. Воробьевка, Приютинский район: западная окраина поселка; 100 м от крайних домов		
^{238}U (^{226}Ra)	17,1	
^{232}Th	43,7	
^{40}K	710	
Пос. Воробьевка, Приютинский район: в 100 м к югу от Дома культуры		
^{238}U (^{226}Ra)	18,0	
^{232}Th	35,2	
^{40}K	634	
Пос. Воробьевка, Приютинский район: в 100 м к северу от дома культуры (в низине)		
^{238}U (^{226}Ra)	19,6	
^{232}Th	32,5	
^{40}K	512	
Пос. Воробьевка, Приютинский район: в 70 м к северу от дома культуры (на возвышении)		
^{238}U (^{226}Ra)	17,7	
^{232}Th	38,4	
^{40}K	741	
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: севернее поселка в 70 м от крайних домов		
^{238}U (^{226}Ra)	25,7	21,5
^{232}Th	21,1	32,3
^{40}K	425	606
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: южнее поселка в 60 м от крайних домов		
^{238}U (^{226}Ra)	31,8	23,9
^{232}Th	28,9	34,0
^{40}K	603	666
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: подвал в детском саду (на земляном полу)		

Радионуклид	Удельная активность природных радионуклидов на разной глубине (м) от поверхности земли, Бк/кг	
	0,0	1
^{238}U (^{226}Ra)	25,0	
^{232}Th	30,0	
^{40}K	510	
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: в подвале дома (на земляном полу)		
^{238}U (^{226}Ra)	30,1	
^{232}Th	53,5	
^{40}K	751	
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: напротив первого дома по улице Школьной		
^{238}U (^{226}Ra)	23,0	
^{232}Th	40,0	
^{40}K	630	
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: на дне котлована под строительство многоэтажного здания школы (на глубине 3 м от поверхности земли)		
^{238}U (^{226}Ra)	22,1	
^{232}Th	33,9	
^{40}K	669	
Пос. Чолун-Хамур, Ики-Бурульский район: между котлованом под строительство многоэтажного здания школы и жилыми двухэтажными домами		
^{238}U (^{226}Ra)	22,0	
^{232}Th	29,8	
^{40}K	521	
Пос. Шатта, Кетченеровский район: в 40 м от входа в школу по направлению к спортивной площадке		
^{238}U (^{226}Ra)	27,8	
^{232}Th	32,7	
^{40}K	680	
Пос. Шатта, Кетченеровский район: в 5 м от здания школы по направлению к спортивной площадке		
^{238}U (^{226}Ra)	33,2	
^{232}Th	36,1	
^{40}K	684	
Пос. Шатта, Кетченеровский район: в саду за средней школой		
^{238}U (^{226}Ra)	17,3	22,7
^{232}Th	35,6	35,4
^{40}K	753	696
Пос. Шатта, Кетченеровский район: на дне котлована между средней школой и стадионом		
^{238}U (^{226}Ra)	16,9	
^{232}Th	39,7	
^{40}K	750	
Пос. Байр, Кетченеровский район: на улице рядом с крайним домом с западной стороны поселка		
^{238}U (^{226}Ra)	19,6	
^{232}Th	21,1	
^{40}K	510	
Пос. Байр, Кетченеровский район: в огороде крайнего дома с западной стороны поселка		
^{238}U (^{226}Ra)	11,7	15,4

Радионуклид	Удельная активность природных радионуклидов на разной глубине (м) от поверхности земли, Бк/кг	
	0,0	1
²³² Th	27,5	17,6
⁴⁰ K	597	442

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Результаты мгновенных измерений содержания радона летом 2006 г. (примеры) + таблица характеристик зданий

№ п/п	Адрес				Дата	ЭРОА, Бк/м³		C _{Rn} + 4,6·C _{Tn}
	Улица	Дом	Этаж	Помещение		C _{Rn} ± Δ _{Rn}	C _{Tn} ± Δ _{Tn}	
Населенный пункт								
1	Название ул.	70	1	спальня	08.08.	10 ± 3	< 1,0	15
2	Название ул.	70	0	подпол	08.08.	275 ± 82	< 1,0	280
3	Название ул.	75	1	спальня	08.08.	30 ± 9	< 1,0	35
4	Название ул.	75	1	детская	08.08.	58 ± 17	< 1,0	63

№ п/п	Тип здания	Кол-во комнат	Тип отопле- ния	Подзем- ная часть	Тип почвы, УА ²²⁶ Ra и ²²⁸ Ra на глубине 1 м, Бк/кг	Режим вентиляции в момент измерения	Подвал	Примечания
1	Частный одноэтажный дом; ракушечник + облицовка белым кирпичом	2	газовое	подпол	светло- каштановые осадочные	окна и двери в комнате были закрыты	нет	дощатый пол на деревянных лагах; вент. отверстий в подполе нет
2	Частный одноэтажный дом; ракушечник + облицовка белым кирпичом	3	газовое	подпол	светло- каштановые осадочные	окна и двери в комнате были открыты	нет	дощатый пол на деревянных лагах; вент. отверстий в подполе нет
3	Частный одноэтажный дом; ракушечник + облицовка белым кирпичом	3	газовое	подпол	светло- каштановые осадочные	окна и двери в комнате были закрыты	нет	дощатый пол на деревянных лагах; вент. отверстий в подполе нет; подпол засыпан керамзитом

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Результаты интегральных измерений содержания радона в случайно выбранных зданиях в Калмыкии зимой 2006-2007 гг. (примеры) + таблица характеристик зданий

№ п/п	Адрес				Период измерения	ОА _{Rn} ± Δ _{Rn} , Бк/м ³
	Улица	Дом	Этаж	Квартира		
1	Улица Х	19	1	23	24.11.06 – 26.02.07	44 ± 13
2	Улица Х (гостиная)	19	1	44	22.11.06 – 26.02.07	29 ± 9
3	----//---- (спальня)					29 ± 9
4	Улица Y (гостиная)	36	1	41	23.11.06 – 01.03.07	52 ± 16
5	----//---- (спальня)					22 ± 7

№ п/п	Адрес	Кол-во комнат	Материал стен	Фундамент	Зазор между поверх- ностью земли и полом, см	Подвал или подпол	Отопле- ние
Населенный пункт (источник водоснабжения – скважина «Одьюр» в 15 км к северу от населенного пункта). Бутовый камень добыт на Айгурском карьере (село Дивное, Апанасенковский район Ставропольского края)							
1	Улица Х, 1	4	блоки из самана	засыпан	—	—	—
2	Улица Х, 17	4	блоки из ракушечника, известняка и песчаника	бутовый, вентилируемый	—	—	—
3	Улица Y, 29	3	блоки из ракушечника	блоки из ракушечника, засыпан	—	—	—
4	Улица Z, 26	4	блоки из самана	бутовый	40	—	—
5	Улица Z, 28	4	блоки из самана	блоки из самана	40	—	—
6	Улица Z, 27	5	блоки из самана	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Результаты годовых интегральных измерений в 20 жилых зданиях в г. Элиста в 2006-2007 гг. (примеры) + таблица характеристик зданий

№ п/п	Адрес	Место установки	ОА, Бк/м ³			
			20.11.06	20.12.06	19.01.07	21.02.07
			– 20.12.06	– 10.01.07	– 21.02.07	– 20.03.07
1	Улица X, 18	гостиная	–	621	214	334
		спальня	–	448	184	399
2	Улица Z, 96	детская	309	545	330	590
		гостиная	295	277	230	240
3	Улица Y, 81А	гостиная	186	132	178	179
		детская	116	190	137	107
4	Улица С, 29	спальня	132	183	169	84
		гостиная	79	136	201	55
5	Улица В, 52А	спальня	98	132	30	71

№ п/п	Адрес	Кол-во этажей	Подвал	Строительный материал	Кол-во квартир
1	Школа X	2	нет	блоки из самана	–
2	Школа Y	3	нет	белые блоки	–
3	Улица X	1	нет	блоки из самана	1
4	Улица Y	1	есть	блоки из ракушечника и белые блоки	1
5	Улица Z	2	нет	кирпичи из красной глины	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Методы снижения содержания радона, предложенные к применению в Калмыкии

Текущая ситуация

Во всех обследованных жилых зданиях очевидной причиной наличия радона в воздухе помещений являлось радоновыделение из грунта, на котором располагались здания. Кроме того, в большинстве зданий полы нижнего этажа и бетонные плиты фундамента были устроены таким образом, что не обеспечивали никакой защиты от поступления радона и его смеси с грунтовым воздухом внутрь здания. В большинстве обследованных частных домов, принадлежащих одной семье, имеется дощатый пол на деревянных лагах, расположенный на высоте 20–40 см прямо над поверхностью земли, а в некоторых домах доски были настланы прямо на земле.

Там, где высота подпольного пространства позволяла использовать его в качестве полноценного подпола, обычно не было предусмотрено никаких вентиляционных отверстий для поступления наружного воздуха, а если такие отверстия и были, то они были забиты старыми тряпками. В большинстве домов между досками пола хорошо заметны щели; присутствовали и более крупные отверстия в полу. Т.о., не применялось никаких мер, направленных на предотвращение поступления воздуха из подпола в вышележащие жилые помещения (см. рис. 1).

Внутри подпольного пространства радон поступает из грунта либо путем пассивного радоновыделения, либо путем активного транспорта в смеси с грунтовым воздухом (см. раздел 5). Затем за счет эффекта тяги, образующегося из-за разности температур воздуха в подпольном пространстве и вышележащих помещениях, воздушно-радоновая смесь через щели и отверстия в полу поступает в жилые комнаты. Поскольку разница температур наружного и внутреннего воздуха наиболее выражена в зимний период, обычно содержание радона в воздухе помещений достигает максимальных значений зимой, а минимальных – летом. Содержание радона в воздухе подпольного пространства может снижаться путем разбавления поступающим сквозь любые отверстия наружным воздухом. Однако в Калмыкии подобные отверстия часто законопачены, поэтому вентилирования подвалов и подполов не происходит.

Важным моментом является пористость грунта, составляющая в среднем 30–50%. При этом поры заполнены воздухом, водой или их смесью. Т.о., в сухом грунте имеется достаточный объем воздуха, который может переноситься под действием тяги. Основываясь на результатах измерения УА ^{226}Ra в почвах Калмыкии, можно ожидать, что средняя ОА радона в грунтовым воздухе составит 10–60 Бк/м³.

В ряде случаев обследованные многоквартирные дома и школы были построены на монолитной бетонной плите. Однако качество этих плит было обычно крайне невысоким, присутствовали многочисленные трещины и даже отверстия. Поэтому плита никак не препятствовала поступлению радона в смеси с грунтовым воздухом внутрь здания. В нескольких случаях отсутствовали даже крупные фрагменты бетонной плиты.

Методы радонозащиты зданий с подвалом или подполом

Содержание радона в воздухе большинства зданий в Калмыкии не является таким уж высоким. Поэтому осуществление даже простых радонозащитных мероприятий позволит заметно снизить его содержание. Поскольку основной причиной наличия радона в воздухе помещений является плохая газоизоляция полов нижнего этажа, а пространство под ним не вентилируется, конкретные методы радонозащиты должны быть направлены на исправление этой ситуации. Однако, увеличение кратности воздухообмена в подвале путем проделывания

вентиляционных отверстий в фундаментных стенах приведет к тому, что зимой полы будут холодными, а поскольку подавляющее большинство полов не имеет теплоизоляции, то такой метод радонозащиты не может применяться без их реконструкции. Герметизация всех отверстий в полах для прекращения поступления воздушно-радоновой смеси из нижележащих пространств во многих случаях неосуществима. Чтобы обеспечить хорошую газоизоляцию, все существующие полы необходимо демонтировать и сделать новые.

Снижения содержания радона в воздухе подвального (подпольного) пространства можно добиться путем укладки на грунт пластиковой пленки (см. рис. 3), т.о., предотвратив поступление радона из грунта. Однако, поскольку в большинстве домов подполы очень низкие, то уложить на грунт пленку без демонтажа пола невозможно. Укладываемая пленка должна быть прочной и иметь толщину не менее 0,4 мм, поскольку радон может диффундировать через более тонкую пленку, а если пленка недостаточно прочна, то в ней легко будут появляться разрывы и отверстия, через которые снова начнется поступление радона из грунта. Крайне важно герметично соединить края пленки с фундаментными стенами, при этом край должен быть загнут вниз, чтобы стекал образующийся конденсат. Грунт должен быть профилирован таким образом, чтобы наивысшая точка располагалась посередине подвала или подпола (см. рис. 3).

Другой возможный метод – укладка пленки внутрь пола или непосредственно под него. При этом также необходимо обеспечить герметичное соединение пленки с наружными стенами: любая щель приведет к неэффективности мероприятия. Однако, укладка пленки на грунт несет в себе еще одно преимущество: в этом случае она является также и гидроизоляцией, предотвращая поступление влаги в подвальный (подпольный) пространство.

Наши рекомендации таковы: в случае реконструкции или капитального ремонта здания с подвалом или подполом всегда необходимо укладывать пластиковую пленку на грунт и выполнять теплоизоляцию полов, чтобы обеспечить возможность вентилирования подвального (подпольного) пространства через отверстия в фундаментных стенах.

Методы радонозащиты зданий, построенных на монолитной бетонной плите

По способу сооружения монолитной бетонной плиты здания подразделяются на два типа:

1. здания, в которых заливка плиты осуществляется после возведения фундаментных стен;
2. здания, в которых фундаментные стены возводятся на уже залитой плите.

Кроме того, возможны вариации в конструкции фундаментов, например, под частью здания плита может отсутствовать; фундамент может быть построен на разных высотах и т.д.

Бетонной подушки толщиной 10 см вполне достаточно, чтобы перекрыть практически весь поток радона, идущий диффузионным путем, поскольку скорость диффузии такова, что радон успевает распасться на дочерние продукты, не являющиеся газообразными. Однако, если в плите присутствуют отверстия, трещины, то через них насыщенный радоном грунтовый воздух может проникать внутрь здания. Т.о., первейшим методом радонозащиты в таких зданиях является осмотр фундамента с целью выявления отверстий, трещин и их последующей герметизации.

Однако, поиск и перекрытие всех подобных путей поступления радона может оказаться слишком сложным и потребовать много времени. В зданиях, в которых заливка плиты осуществляется после возведения фундаментных стен, всегда будут зазоры между плитой и стенами, поскольку при затвердевании бетон сжимается. Подобные зазоры будет сложно загерметизировать.

Наиболее распространенным методом улучшения радоновой обстановки в зданиях является установка системы откачки воздушно-радоновой смеси из-под фундамента (см. рис. 4). При этом под монолитной плитой создается и поддерживается область пониженного

давления, препятствующая поступлению грунтового воздуха внутрь здания. Система состоит из трубы, один конец которой пропущен под плиту через отверстие в ее центре, а второй выведен на некоторой высоте снаружи здания и снабжен вытяжным вентилятором. Необходимо отметить, что целью является не вентилирование грунта под плитой, а создание и поддержание давления более низкого, чем внутри здания. По этой причине нет необходимости использовать вентилятор большой мощности: канального (прямоточного) вентилятора мощностью 75 Вт вполне достаточно. Использование устройства контроля и регулировки оборотов вентилятора позволяет установить оптимальный режим работы, при котором будет откачиваться необходимый и достаточный объем воздушно-радоновой смеси.

Чтобы создать под зданием как можно более протяженную область пониженного давления и не допустить образования воздушных каналов под зданием, необходимо под плитой выкопать яму радиусом около 30 см. Отверстие в плите для ввода трубы системы откачки должно располагаться как можно ближе к центру плиты, чтобы область пониженного давления охватывала максимальную часть площади плиты. Размещение места ввода трубы вблизи внешней фундаментной стены может привести в зимнее время к засасыванию наружного воздуха и, как следствие, замораживанию фундамента.

Если здание построено на склоне холма, то трубу системы откачки необходимо выводить на высоте нескольких метров над верхней границей фундамента, расположенного выше по склону. Зачастую одной точки ввода трубы системы откачки недостаточно для обеспечения необходимого снижения уровня содержания радона в воздухе здания. В таком случае необходимо увеличить количество вводов, при этом во многих случаях одного вытяжного вентилятора все равно хватает для обеспечения нужного разряжения под фундаментной плитой.

В ряде случаев насыщенный радоном грунтовой воздух проникает в здание через отверстия и трещины в фундаментных стенах или даже диффундирует сквозь стены, если материал не является газонепроницаемым (блоки, содержащие керамзит; низкосортный бетон). Отверстия можно загерметизировать, но бороться с диффузией сквозь стены гораздо сложнее. В этом случае необходимо покрыть стены каким-то газонепроницаемым материалом, например, битумом (резино-битумной мастикой) или пластиковой пленкой.

Методы превентивной радонозащиты для строящихся и проектируемых зданий

С целью снижения будущего облучения людей за счет ингаляции изотопов радона, все новые жилые и общественные здания, офисные здания и другие производственные помещения должны строиться так, чтобы обеспечивалось низкое содержание радона в воздухе помещений. Мы рекомендуем использовать т.н. «радонозащитное проектирование» для всех новых зданий.

Для зданий с подвалом или подполом радонозащитное проектирование включает в себя укладку на грунт пластиковой пленки описанным выше способом. Фундаментные стены должны иметь вентиляционные отверстия, которые должны быть открытыми даже в зимний период. Отверстия должны быть достаточно большими, чтобы обеспечить хорошую вентиляцию подвального пространства. Это будет приводить к охлаждению воздуха в подвале или подполе и, как следствие, полов нижнего этажа, поэтому в полах должен быть теплоизолирующий слой. В полу не должно быть никаких отверстий, а места ввода труб и кабелей должны быть загерметизированы.

Для зданий на монолитной бетонной плите необходимо использовать качественный армированный бетон (т.е. железобетон). Нет необходимости делать бетонную подушку очень толстой, но крайне важно обеспечить отсутствие трещин и отверстий в ней. Места ввода инженерных сетей и коммуникаций должны быть загерметизированы. Мы рекомендуем сначала заливать плиту, а уже на ней возводить стены. Если используется фахверковая конструкция, то необходимо герметизировать места соединений стоек, балок и раскосов с

плитой, а также обеспечить газонепроницаемость самих конструкций в случае использования в них легкого заполнителя.

Особое внимание следует уделить газонепроницаемости стен, которые будут располагаться ниже уровня земли, а также герметизации стыков стен с монолитной плитой. В случае, если плита будет многосекционной, места соединения секций также должны быть загерметизированы.

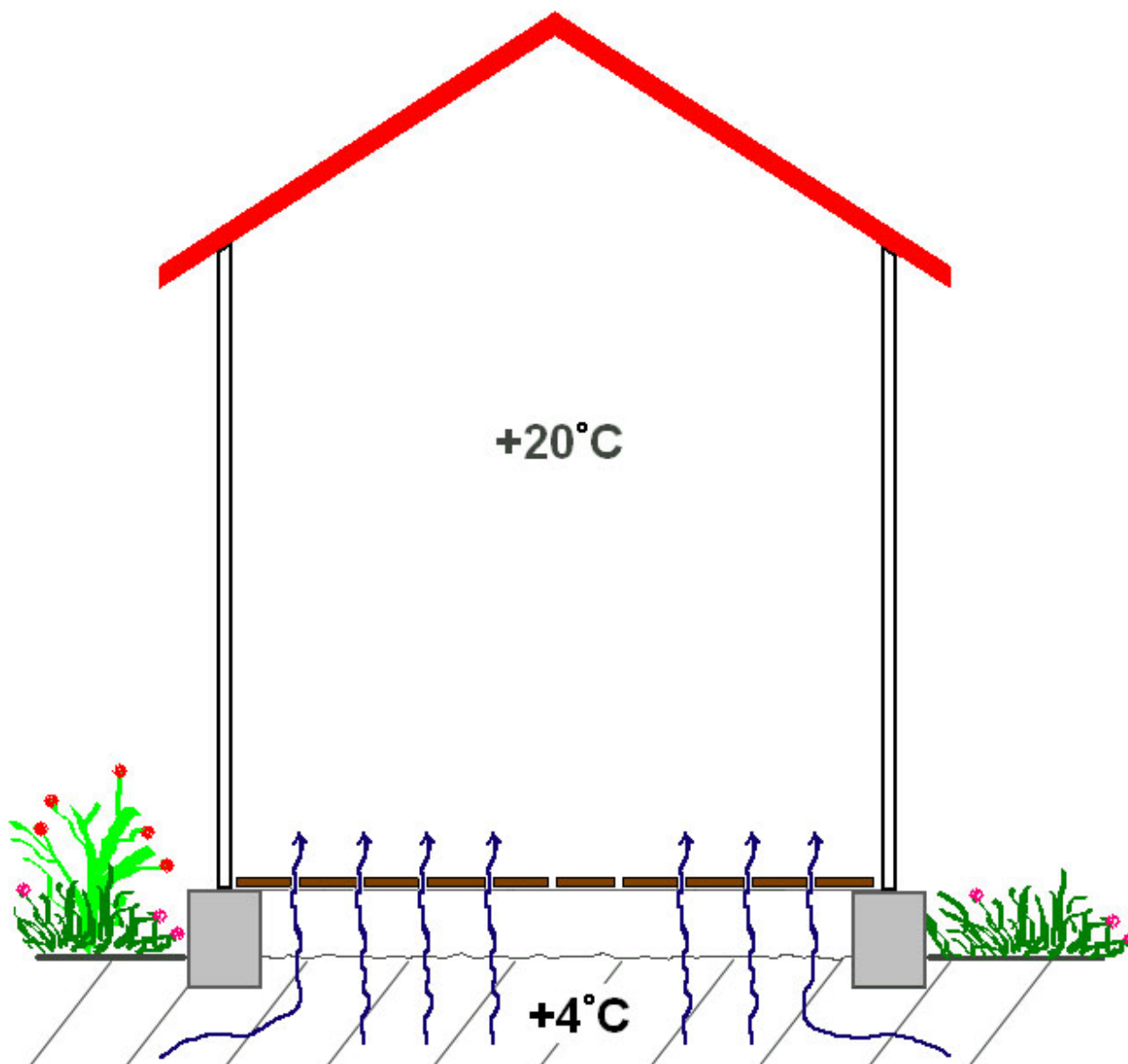


Рис. 1. Здание с невентилируемым подвалом/подполом. Зимой воздушно-радоновая смесь из-за эффекта тяги активно поступает в помещения через отверстия и щели в деревянных полах

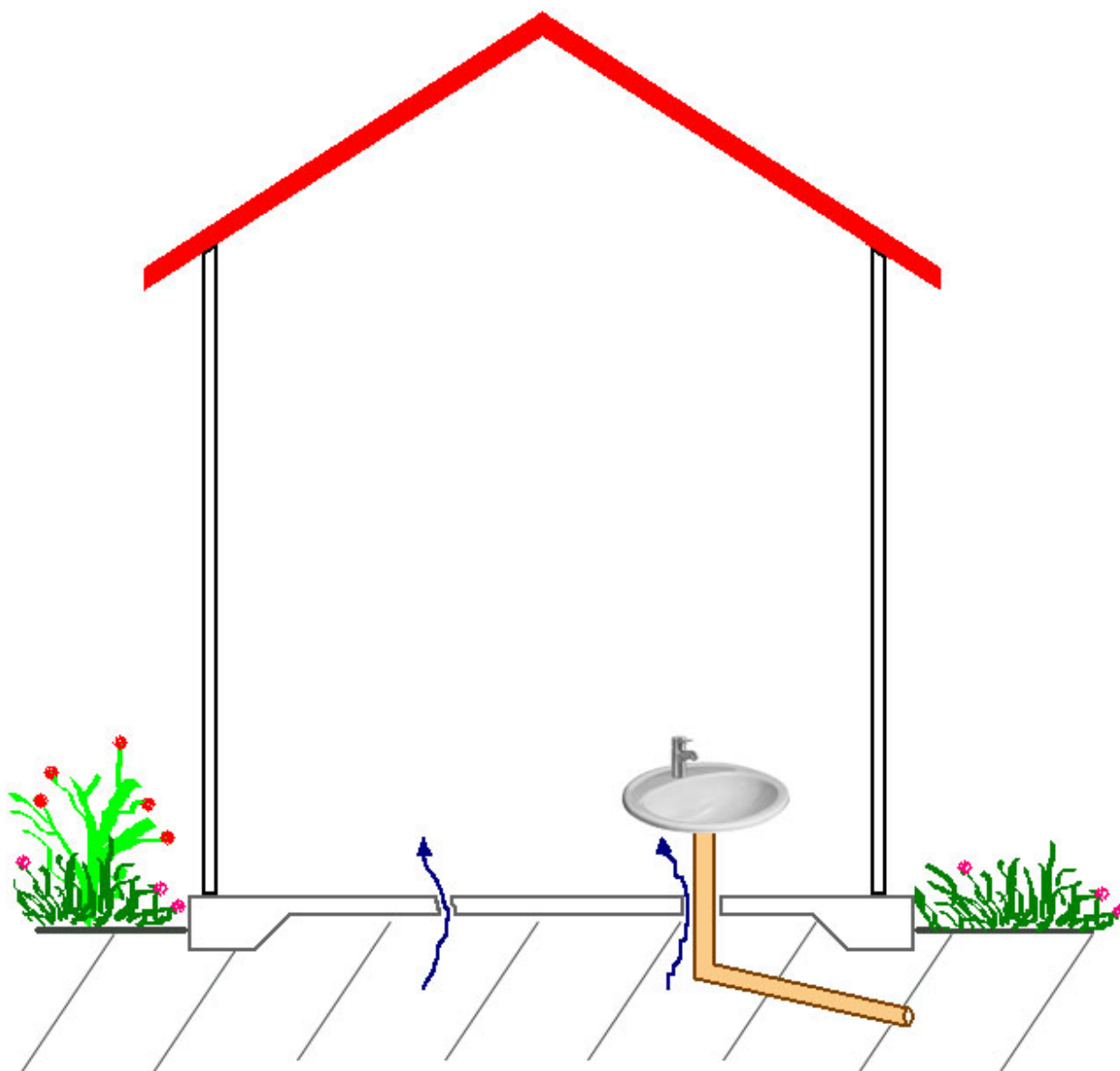


Рис. 2. Здание на монолитной бетонной плите. Насыщенный радоном грунтовый воздух проникает в помещения через отверстия и трещины в плите

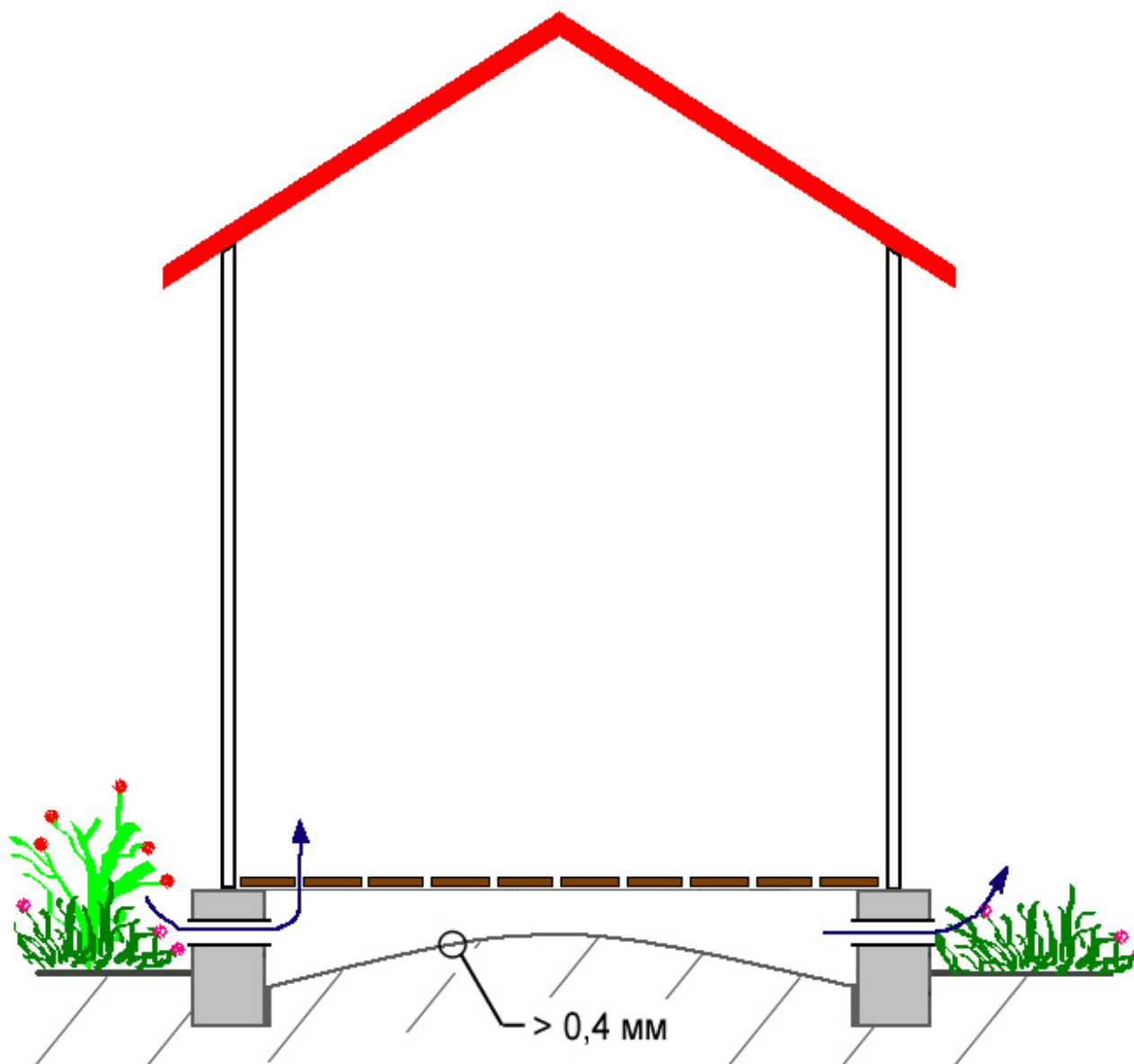


Рис. 3. Здание, в подвале/подполе которого поверх грунта уложена пластиковая пленка, препятствующая поступлению в подпольное пространство насыщенного радоном грунтового воздуха и влаги. Грунт должен быть профилирован таким образом, чтобы наивысшая точка располагалась посередине подвала или подпола. Края пленки должны быть герметично соединены с фундаментными стенами. Отверстия в фундаментных стенах должны обеспечивать хорошую вентиляцию подпольного пространства

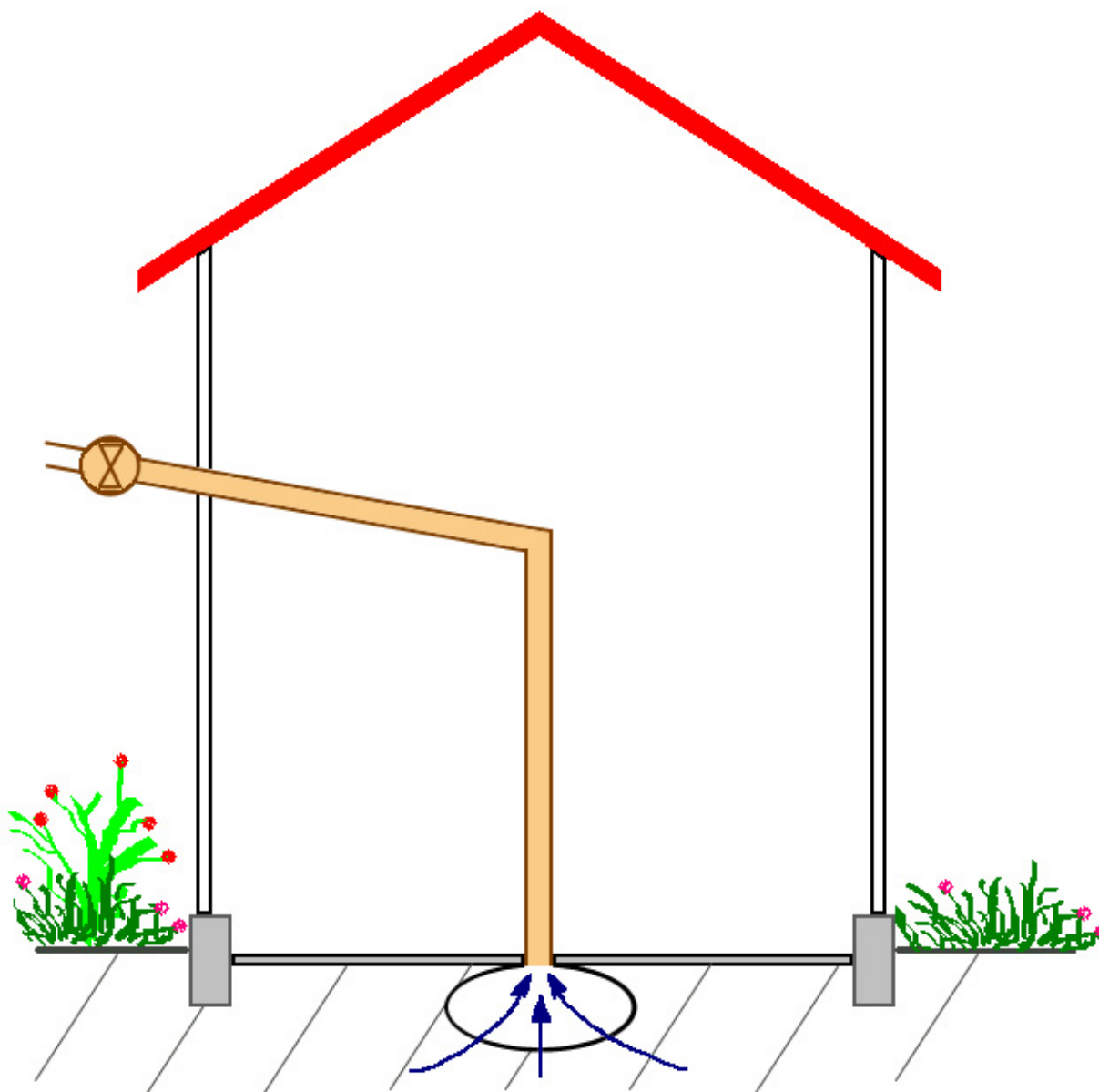


Рис. 4. Здание на монолитной бетонной плите с установленной системой откачки воздушно-радоновой смеси из-под фундамента. Вытяжной вентилятор создает под плитой область пониженного давления, препятствуя поступлению насыщенного радоном грунтового воздуха внутрь здания. Точка ввода трубы должна располагаться как можно ближе к центру плиты. Чтобы создать под зданием как можно более протяженную область пониженного давления, под плитой должна быть выкопана яма

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы настоящего отчета выражают искреннюю благодарность руководителю Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Калмыкия Константину Яшкулову, специалистам Управления Нине Коджиевой, Татьяне Басанговой, заведующей отделом международного сотрудничества ФГУН НИИРГ Марине Валерьевне Кадуке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. Состояние онкологической помощи населению России в 2006 году. – М.: ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологии, 2007. – 180 с.
2. Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. Состояние онкологической помощи населению России в 2005 году. – М.: ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологии, 2006. – 186 с.
3. Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. Состояние онкологической помощи населению России в 2004 году. – М.: ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологии, 2005. – 184 с.
4. Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. Состояние онкологической помощи населению России в 2003 году. – М.: ФГУ МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологии, 2004. – 196 с.
5. Clavensjö B. and Åkerblom G. The Radon Book – Handbook on Mitigation Against Radon. The Swedish Council for Building Research, T5:1992. ISBN 91-540-5407-9. English Edition, 1995.
6. UNSCEAR, 2000. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York, 2000.
7. Уровень жизни населения Республики Калмыкия : стат. сборник / Фед. служба гос. статистики, Территор. орган фед. службы гос. статистики по РК. – Элиста: Госкомстат РК, 2005. – 135 с.
8. Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины / Разработан в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН под научным руководством Ю.А.Израэля. – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1998. – 143 с. ISBN 5-85120-053-7.
9. Pershagen G. Residential Radon Exposure and Lung Cancer in Sweden / G. Pershagen, G. Åkerblom, O. Axelsson et al. // N. Engl. J. Med., 330(3). – 1994. – P. 159-164.
10. Darby S. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies / S. Darby, D. Hill, A. Auvinen et al. // Br. Med. J., 330. – 2005. – P. 223-227.
11. ICRP, 1993. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2). Pergamon Press, Oxford, 1993. P. 45.
12. Lagarde F. Residential Radon and Lung Cancer among Never-smokers in Sweden / F. Lagarde, O. Axelsson, L. Damber et al. // Epidemiology. – 2001. – Vol.12, N. 4. – P. 396-404.

