



Министерство природных ресурсов Российской Федерации
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
филиал Государственного геологического предприятия "Невскгеология"

Ответственный исполнитель
Бердников П.В.

Экз. 1

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ
разработка рекомендаций для проведения
радонозащитных мероприятий
в доме № 47/1 по ул.Нагорной
(Красное Село, г.Санкт-Петербург)

Отчет по договору № 256/99 от 23.11.99 г.
с МО № 43

Начальник производственного отдела
РГЭЦ

 В.Н.Мелиоранский

Главный геофизик:

 В.В.Решетов



Санкт-Петербург
1999 г.

ИИП „Невсигеолоиз“
Регионален
геологически център
кв. № 449
22. 12. 1999г.

Данная работа выполнена по заказу
МО № 43

В работе принимали участие:

Региональный геоэкологический центр:

Бердников П.В.

Морозов А.А.

Решетов В.В.

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР**
тел.(812)540-4411, факс.540-5700
195197, а/я49, Санкт-Петербург
Кондратьевский пр., д.40, корп.7
Россия

**REGIONAL
GEOECOLOGICAL CENTRE**
tel.+7-(812)540-4411, fax.540-5700
195197, p.o.box 49, St.Petersburg
Kondratievski pr., d.40, korp.7
Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. РАДОНООПАСНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ.....	5
2. ПОСТУПЛЕНИЕ РАДОНА В ЗДАНИЕ.....	7
3. ПРОГНОЗ ОА РАДОНА В ПОМЕЩЕНИЯХ.....	11
4. РАДОНОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	14
4.1. Основные радонозащитные мероприятия.....	14
4.2. Дополнительные радонозащитные мероприятия.....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	16

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Нормами радиационной безопасности (НРБ-96) среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона и торона ($\text{ЭРОА}_{\text{Rn}} + 4,6 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{Tn}}$) в воздухе помещений эксплуатируемых зданий не должна превышать **200 Бк/м³** (беккерелей в кубическом метре), а мощность дозы гамма-излучения не превышать мощность дозы на открытой местности более чем на **0,3 мкЗв/час** (микрозивертов в час).

При больших значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений.

В соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», облучение населения и работников, обусловленное радоном и продуктами его распада, а также другими природными радионуклидами, не должно превышать установленных норм.

В целях защиты от влияния природных радионуклидов должны осуществляться следующие мероприятия:

- выбор земельных участков для строительства зданий и сооружений с учетом гамма-излучения и радоновыделения;
- проектирование и строительство зданий и сооружений с учетом радоновыделения из почв и грунтов;
- проведение контроля строительных материалов и приемка в эксплуатацию с учетом содержаний радона и продуктов его распада в воздухе помещений и величин гамма-излучения;
- эксплуатация зданий и сооружений с учетом перечисленных выше факторов.

При невозможности выполнения нормативов путем снижения уровня содержания радона и гамма-излучения природных радионуклидов в зданиях и сооружениях должен быть изменен характер их использования.

R_n 1. РАДОНООПАСНОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ

В 1993 г. при проведении поисковых радонометрических работ Региональным геоэкологическим центром в доме № 47/1 по ул.Нагорной были выявлены аномально высокие концентрации радона. В жилых помещениях этого 3-х этажного здания уровни эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в 3 и более раз превышали предельно допустимую величину – 200 Бк/м³. Превышения норматива были подтверждены также исследованиями специалистов НИИ Промышленной и морской медицины и Ленинградского института Радиационной гигиены (1993-1994 г.г.).

По результатам работ значения ЭРОА радона в помещениях здания составляли:

- в подвале – от 530 до 2100 Бк/м³;
- в квартирах 1-го этажа - от 100 до 890 Бк/м³ (по интегральным измерениям – от 160 до 760 Бк/м³);
- в квартирах 2-го этажа - от 10 до 170 Бк/м³.

В связи с высокими уровнями радона в жилых помещениях данный объект был включен в адресную программу проведения радонозащитных мероприятий еще в 1994 году. Официальное решение о проведении данного вида работ было принято Администрацией муниципального образования № 43 в 1999 г..

В соответствии с лицензией № 1213 от 26 ноября 1997г. (“Разработка специальных разделов строительного проекта ...”) и техническим заданием, согласованным с отделом РГ ЦГСЭН 21 сентября 1999г., Региональный геоэкологический центр приступил к разработке радонозащитных мероприятий на указанном объекте.

По согласованию с МО № 43 радонозащитные мероприятия в доме № 47/1 по ул.Нагорной было решено провести в несколько этапов. На первых двух этапах должны быть разработаны и выполнены радонозащитные мероприятия в южной половине здания с последующей оценкой их эффективности по результатам двух циклов контрольных измерений в течении года после проведения строительных работ (завершающий этап).

Таблица 1.1

Общестроительные характеристики объекта

Объект	жилой дом
Адрес	Красное Село, западная часть. ул.Нагорная, д.47/1 Угол ул.Нагорной и ул.Суворова
Год постройки	1939
Площадь подвала, м ²	510 (в т.ч. южная часть – 200)
Этажность	3 жилых этажа
Подвал	технический
Фундамент	ленточный
Описание	21- квартирный дом, Г-образной формы
Стены	кирпичные
Межэтажные перекрытия	деревянные
Вентиляция подвала	естественная, за счет щелей в оконных проемах и во входных дверях

В период с 4 по 7 декабря 1999г. для разработки радонозащитных мероприятий были произведены мгновенные измерения ЭРОА и интегральные (3-х суточные) ОА радона в помещениях подвала, а также в жилых квартирах всех трех этажей здания. Результаты измерений приведены в таблице 1.2

Таблица 1.2.

Результаты радонометрических работ (IV квартал 1999 года)

№ п/п	Этаж	Место измерения	ЭРОА, Бк/м ³			Воз. обм.	ОА Rn, Бк/м ³	Пост. Rn	P/a равн.	ОА Rn**, Бк/м ³
			Rn	Tn	Сумм.					
1	Подвал	помещ.1*	123	<2	123	5,19	707	3679	0,17	600
2		помещ.2	177	<2	177	4,90	955	4691	0,18	490
3		помещ.3	231	<2	231	4,64	1183	5494	0,20	320
4		помещ.4	194	<2	194	3,60	778	2810	0,25	480
5		помещ.5	289	2,0	298	3,49	1127	3939	0,26	575
6		помещ.6	951	4,7	973	3,78	4081	15817	0,23	740
7		помещ.7	647	2,0	656	2,97	2198	6544	0,29	480
8		помещ.8	278	<2	278	4,14	1272	5272	0,22	530
<i>Подъезд № 2</i>										
9	I-эт., кв.10	ж.комн.1	178	<2	178	2,27	488	1111	0,36	295
10		прихожая	163	<2	163	1,98	405	805	0,40	
11	кв.11	ж.комн.1	120	<2	120	1,73	274	475	0,44	195
12		прихожая	205	<2	205	0,54	275	151	0,75	
13	кв.12	ж.комн.1	49	<2	49	0,57	67	39	0,73	
14		ж.комн.2	<15	<2	<15	-	-	-	-	
15	кв.13	ж.комн.1	<15	<2	<15	-	-	-	-	
16		ж.комн.2	<15	<2	<15	-	-	-	-	
17	II-эт., кв.14	ж.комн.1	178	<2	178	0,91	288	263	0,62	150
18		прихожая	192	<2	192	2,00	481	968	0,40	
19	кв.16	ж.комн.2	<15	<2	<15	-	-	-	-	
20		кухня	<15	<2	<15	-	-	-	-	

Продолжение таблицы 1.2

№ п/п	Этаж	Место измерения	ЭРОА, Бк/м ³			Воз. обм.	ОА Rn, Бк/м ³	Пост. Rn	P/a равн.	ОА Rn** Бк/м ³	
			Rn	Tn	Сумм.						
21	III-эт., кв. 18	ж.комн.1	112	<2	112	1,61	243	392	0,46	102	
22		ж.комн.2	184	<2	184	1,96	455	893	0,40		
23		кухня	120	<2	120	1,63	263	431	0,46		
24		кв.19	ж.комн.1	170	<2	170	2,65	525	1396	0,32	100
25			прихожая	183	<2	183	0,35	220	79	0,83	
<i>Подъезд № 1</i>											
26	I-эт., кв. 1	ж.комн.1	27	<2	27	2,67	84	226	0,32		
27		ж.комн.2	49	<2	49	1,30	95	124	0,52		

* - Схема расположения обследованных помещений в подвале здания показана на рис.1.

** - ОА радона по результатам интегральных (3-х суточных) измерений.

Необходимо указать на несколько искаженные результаты мгновенных измерений. Во время обследования входная дверь в подвал из подъезда № 2 была открыта, что способствовало значительному увеличению кратности воздухообмена некоторых помещений подвала. Как следствие, расчетные значения ОА радона (по результатам мгновенных измерений) в ряде помещений оказались в 2-5 раз выше, чем по интегральным измерениям. Таким образом, наиболее вероятная кратность воздухообмена помещений подвала в настоящем его техническом состоянии составляет **2,0 - 4,0 ч⁻¹**.



2. ПОСТУПЛЕНИЕ РАДОНА В ЗДАНИЕ

Радоноопасность территорий, как фактор риска превышения ОА радона в помещениях, непосредственно связана с конкретной конструкцией здания. На нее влияют в первую очередь следующие конструкционные особенности:

- газоизоляция цоколя;
- газоизоляция перекрытия цокольный этаж – первый этаж;
- стэк-эффект, создаваемый зданием;
- кратность воздухообмена подвала и жилых помещений.

Радоноопасность (отношение ОА радона в подвале здания к ОА радона на первом этаже) различных классов строений при величинах ОА радона >100 Бк/м³ (в воздухе помещений) по накопленной статистике составляет от 2,0 (для зданий с деревянными межэтажными перекрытиями) до 4,9 (для железобетонных перекрытий). По результатам интегральных измерений для дома № 47/1 такой показатель может быть принят равным 2,0 (среднее по квартирам 11 и 12).

Существует несколько основных технических решений радонозащитных мероприятий, в том числе:

- реконструкция грунтового основания;
- противорадоновые барьеры;
- декомпрессия основания здания;
- радоноизолирующие мембраны;
- уплотняющие пропитки;
- герметизация проемов и отверстий;
- вентиляция.

При выборе того или иного технического решения или их комбинации следует учитывать экономичность реализации радонозащиты и экономичность теплоснабжения.

Для обоснованного выбора метода радонозащиты необходимо оценить вклад различных механизмов радонпереноса. Как известно, радон может поступать в помещение из грунта, на котором стоит здание, как диффузионным путем, так и с воздухом, проникающим через щели и конструкционные материалы под действием разности давлений.

Диффузия

Диффузионный процесс можно описать математической моделью с помощью введения эффективного коэффициента диффузии. Тогда скорость поверхностной

эксхалиции, определяется как скорость переноса активности через единичную площадку на границе раздела почва-воздух, описывается следующим выражением:

$$R = \lambda_{Rn} * F_r * C_{почва, Ra} * \rho_{почва} * L_{Rn}, \quad (1.1)$$

где R - скорость поверхностной эксхалиции ($\text{Бк м}^{-2} \text{с}^{-1}$);

λ_{Rn} - константа распада ^{222}Rn ($2,1 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$);

F_r - коэффициент эманирования ;

$C_{почва, Ra}$ - удельная активность ^{226}Ra в почве (Бк кг^{-1});

$\rho_{почва}$ - плотность почвы (кг м^{-3});

L_{Rn} - коэффициент диффузии радона в почве (м).

Коэффициент диффузии в почво-грунтах определяется формулой:

$$L_{Rn} = (\Delta_{эфф} / \lambda_{Rn} * \rho_{почва})^{0.5} \quad (1.2)$$

где $\Delta_{эфф}$ - эффективный объемный коэффициент диффузии ($\text{м}^2 \text{с}^{-1}$);

$\rho_{почва}$ - пористость почвы.

Кроме того величина радонопотока (R , $\text{Бк м}^{-2} \text{с}^{-1}$) в помещение может быть определена исходя из фактических значений ОА радона в нем ($A_{ном}$, Бк м^{-3}) по формуле:

$$R = (A_{ном} - f(x, y, \dots)) * h * k, \quad (1.3)$$

где $f(x, y, \dots)$ - аддитивная составляющая учитывающая активность радона в наружном воздухе и выделяющегося из стройматериалов, воды и т.д.;

h - высота помещения [м];

k - кратность воздухообмена [ч^{-1}].

Аддитивная составляющая, как правило, не превышает 10Бк/м^3 .

Для не имеющей трещин плиты бетона толщиной L , находящейся в непосредственном контакте с землей, скорость поверхностной эксхалиции (R_T), обусловленная диффузией от почвы через плиты, рассчитывается по формуле:

$$R_T = R / [\cosh(L / L_{Rn, пл}) + (F_{почва, нор} L_{Rn, почва} / F_{пл, норы} L_{Rn, пл}) \sinh(L / L_{Rn, пл})] \quad (1.4)$$

При наличии в бетоне трещин диффузионный перенос активности может значительно увеличиться.

Конвекция

Более важное значение имеет поступление радона внутрь помещения с конвекционным потоком воздуха через конструктивные элементы здания. Скорость поступления радона (R_k) с конвекционным потоком равна произведению концентрации радона ($A_{почв}$) на скорость фильтрации из почвы ($E_{почв}$).

$$R_k = A_{почв} * E_{почв} \quad (1.5)$$

Концентрация радона в почвенном газе определяется удельной активностью радия

$$A_{почв} = F_r * C_{почва, Ra} * P_{почва} * W, \quad (1.6)$$

где F_r - коэффициент эманирования ;

$C_{почва, Ra}$ - удельная активность ^{226}Ra в почве (Бк кг $^{-1}$);

$P_{почва}$ и W – проницаемость и влажность почв соответственно.

Из приведенных формул следует, что конвективный механизм переноса преобладает над диффузионным в 2 - 10 раз.



3. ПРОГНОЗ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ПОМЕЩЕНИЯХ

Исходя из реальных результатов интегральных измерений, была проведена оценка поступления радона в помещения подвала и первого этажа здания. Схема помещений подвала показана на рис.3.1.

Таблица 3.1

Оценка ОА радона в воздухе помещений

№ п/п	Этаж	Место измерен.	Площ. кв.м	Высота потол.,м	ОА радона, Бк/м ³			Прит. Rn, Бк/м ² с	
					измеренная	min	max	min	max
1	Подвал	помещ.1	51,2	2,6	600 ± 180	420	860	0,61	2,48
2		помещ.2	36,9	2,6	490 ± 147	340	700	0,50	2,02
3		помещ.3	17,6	2,5	320 ± 96	220	460	0,31	1,27
4		помещ.4	35,8	2,6	480 ± 144	340	690	0,49	1,98
5		помещ.5	25,8	2,3	575 ± 173	400	820	0,51	2,10
6		помещ.6	6,4	1,6	740 ± 222	520	1060	0,46	1,88
7		помещ.7	9,8	1,7	480 ± 144	340	690	0,32	1,30
8		помещ.8	15,0	2,6	530 ± 159	370	760	0,54	2,19
Среднее по подвалу						280	755	0,47	1,90
9	I-эт., кв.10	прихожая	-	3,2	295 ± 89	210	420	0,09	0,75
10	Кв.11	прихожая	-	3,2	195 ± 59	140	280	0,06	0,50
Среднее по I-этажу						175	350	0,08	0,62

При расчетах минимальных и максимальных значений ОА радона учитывалась погрешность результатов измерений (30%) и поправочный коэффициент вариаций радона во времени -1,1. Приток радона в подвал рассчитан по формуле 1.3 (в предположении, что эманлирующей является только поверхность пола), при этом минимальные значения соответствуют кратности воздухообмена - 2,0 ч⁻¹, а максимальные - 4,0 ч⁻¹.

Прогнозные значения ОА радона в подвале и на первом этаже, рассчитанные с учетом средних значений радонопритока по этажам (таблица 3.1) и принятого показателя радоноопасности здания (2,0), представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Пессимистическая оценка ОА радона в помещениях (с учетом кратности воздухообмена - k)

Этаж	Объемная активность радона, Бк/м ³			
	min (k=2,0)	max (k=2,0)	max (k=1,0)	max (k=0,5)
Подвал	330	1370	2740	5480
Первый этаж	40	690	1370	2740

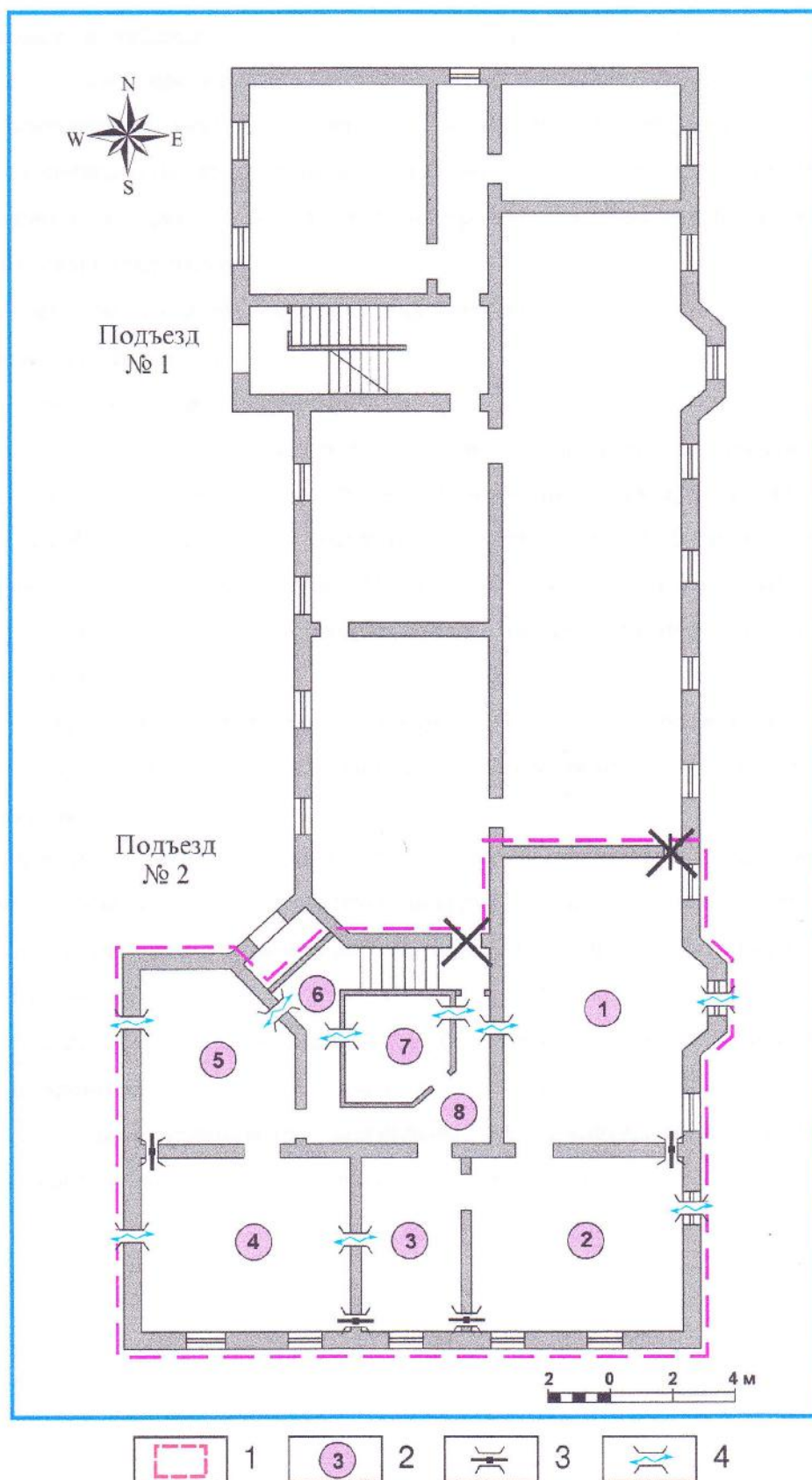


Рис.3 1. Схема подвальных помещений дома № 47/1.

1- часть подвала, в которой планируется выполнить радонозащитные мероприятия; 2 - номера обследованных помещений по таблице 1.2;
 3- существующие коммуникационные отверстия во внутренних стенах подвала; 4 - места оборудования вентиляционных отверстий.

Приведенные в таблице 3.2 значения прогнозной объемной активности радона свидетельствуют, что предельные уровни радона, регламентированные Нормами радиационной безопасности, могут быть превышены в квартирах первого этажа в 3 – 10 раз.

Исходя из приведенных выше возможных радонозащитных мероприятий и реальной конструкции здания можно рекомендовать следующие радонозащитные мероприятия :

- противорадоновые барьеры;
- обеспечение необходимой кратности воздухообмена;
- уплотняющие пропитки;
- герметизация проемов и отверстий.

Для создания противорадоновых барьеров можно рекомендовать специальный бетон типа «АльфаПолМ» с повышенными противорадоновыми характеристиками. Длина диффузии радона в бетоне такого типа составляет 1,54 см (против 13,0 см для обычного бетона с улучшенными характеристиками). Монолитная плита из такого «альфа-бетона» толщиной 3,5 см способна ослабить приток радона по диффузионной составляющей приблизительно в 8-10 раз.

Конвективная составляющая радонопотока может быть ослаблена за счет монолитности бетонной стяжки и специальной технологии обработки участков сочленения бетонного основания со стенами.

Для выдержки требуемой толщины бетонной стяжки повышенные требования предъявляются к предварительной подготовке поверхности пола. Для чего проводится предварительное бетонирование обычным бетоном или тщательное выравнивание грунтового основания полов.

В основу проектируемых радонозащитных мероприятий положен следующий принцип “эффективность радонозащиты тем выше, чем ближе она проводится к источнику радона”. Вот почему основные мероприятия направлены на предотвращение поступления радиоактивного газа в подвал, а дополнительные – на первый этаж.

Rn

4. РАДОНОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

4.1. Основные радонозащитные мероприятия:

1. Создание противорадонового барьера путем выполнения во всех подвальных помещениях стяжки из альфа-бетона (типа «АльфаПол М») в один монолитный слой с применением специальной арматурной сетки. Общая толщина бетошной стяжки должна быть не менее **35 мм**. Будущие места сочленения бетонного основания со стенами предварительно промазать холодной битумной мастикой – мастикой герметизирующей нетвердеющей строительной (ГОСТ 14791-79, ТУ 21-29-87-82, ТУ 21-29-134-89 или их аналоги). Уровень битумной обработки нижних поверхностей стен должен быть выше верхнего уровня бетонного основания пола не менее чем на 5 см. После затвердевания бетонного основания места сочленения пола и стен дополнительно промазать холодной битумной мастикой.
2. Герметизация проемов и отверстий между северной и южной частями подвала. Проемы для инженерных коммуникаций во внутренних стенах подвала, разделяющих северную и южную половину, тщательно загерметизировать. Целесообразно основной объем существующих отверстий заложить кирпичом на цементный раствор, тщательно уплотняя раствор между кирпичами. Оставшееся внутреннее пространство между трубами и кирпичной кладкой заполнить промасленной ветошью, а с наружи (на вводе и выводе) замазать герметиком – мастикой герметизирующей нетвердеющей строительной (ГОСТ 14791-79, ТУ 21-29-87-82, ТУ 21-29-134-89 или их аналоги). Дверной проем между северной и южной половинами подвала в районе лестничного пролета (у спуска в подвал) заложить кирпичной кладкой и тщательно затереть цементным раствором все щели. Проемы для инженерных коммуникаций во внутренних стенах южной части подвала необходимо оставить открытыми.
3. Увеличение кратности воздухообмена. Дверные проемы во внутренние помещения южной половины подвала, а также часть окон оставить открытыми или оборудовать сквозными отверстиями. Отверстий из подвала наружу должно быть не менее четырех, по два с разных сторон. Суммарная площадь отверстий с каждой из противоположных сторон после установления решеток должна быть не менее 0,4 м². Кроме того, во внутренних стенах (перегородках) дополнительно проделать сквозные вентиляционные отверстия, обеспечивающие движение воздуха со стороны одного наружного отверстия (отверстий) к другому (с противоположной

стороны). Такие вентиляционные отверстия необходимо оборудовать в каждом помещении южной половины подвала. Площадь каждого отверстия должна быть не менее 0,2 м². Ориентировочные места расположения таких отверстий показаны на рис.3.1. В процессе работ они могут быть подкорректированы с учетом расположения электропроводки и других коммуникационных сетей.

4.2. Дополнительные радонозащитные мероприятия

Как дополнительные для радоноизоляции квартир первого этажа могут быть применены следующие мероприятия:

1. Устройство герметизирующих узлов пересечения перекрытия “подвал-первый этаж” трубами и кабелями. Целесообразно применять мастики герметизирующие нетвердеющие строительные (ГОСТ 14791-79, ТУ 21-29-87-82, ТУ 21-29-134-89 или их аналоги). При этом внутренний объем между трубой (кабелем) и гильзой заполняется промасленной ветошью. Герметик забивается между трубой (кабелем) и гильзой только на вводе и выводе.
2. В подвале, в качестве дополнительного радонового барьера на уровне “подвал-первый этаж”, выполнить покрытие потолков полимерными материалами или торкрет-бетоном (возможно применение материалов типа «АльфаПол М»). Толщина слоя торкрет-бетона может быть уточнена по результатам фактических измерений уровней радона после выполнения основных радонозащитных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные расчеты, проведенные по приведенным ранее формулам, с учетом комплекса основных радонозащитных мероприятий, а также физических характеристик применяемых материалов, дают следующий прогноз величин эквивалентной равновесной объемной активности радона в помещениях здания:

Таблица 5.1

*Оценка ОА радона в воздухе помещений
после проведения радонозащитных мероприятий*

<i>Помещения</i>	<i>Прогнозируемая ОА радона, Бк/м³</i>
Подвала	30 – 300
Первого этажа	15 - 150

Ожидаемая кратность воздухообмена помещений подвала после реализации перечисленных технических мероприятий составит не менее $2,0 \text{ ч}^{-1}$.

При несоблюдении данных рекомендаций, могут быть превышены предельно-допустимые значения радона в помещениях подвала, что в свою очередь приведет к возникновению околокритичных концентраций радона в воздухе жилых квартир первого этажа.

Для определения фактических величин ОА радона, после завершения строительных работ необходимо выполнить два цикла контрольных измерений. Первый цикл измерений проводится через два месяца после окончания строительных работ, второй – через 1 год.

По результатам контрольных измерений будет определена эффективность выполненных радонозащитных мероприятий, а также возможность дальнейшего использования подвальных помещений.

Ведущий геофизик Регионального
геоэкологического центра:

П.В.Бердников