

Статистический анализ степени влияния некоторых факторов, определяющих накопление радона в зданиях г. Н. Новгорода

Полученные в ходе выполнения областной программы “Радон” результаты измерений содержания радона в зданиях, расположенных на территории г. Н.Новгорода, проанализированы с применением методов математической статистики. Основная задача анализа – выявление факторов статистически значимо влияющих на концентрацию **радона** в помещениях, а также сопоставление степени влияния этих факторов.

Рассматривалось влияние следующих факторов:

- Радоноопасность территории, определяемая содержанием радия в верхних слоях грунта (использованы данные аэрогаммасъемки г. Н. Новгорода)
- Этажность зданий.
- Режимы эксплуатации зданий – вводимые в эксплуатацию объекты и эксплуатируемые объекты.
- Наличие (отсутствие) в здании подвальных помещений.

Для каждой выделенной подвыборки помещений, среднегодовые значения ЭРОА радона (эквивалентная равновесная объемная активность) аппроксимируются логнормальным распределением, параметрами которого являются среднее геометрическое C_{ln} значений ЭРОА и дисперсия σ_{ln} логарифмов ЭРОА.

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma_{ln}\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{\ln x - \ln C_{ln}}{2\sigma_{ln}^2}\right)^2} \quad , \text{ где } x - \text{ значение ЭРОА радона.} \quad F(z) = \int_0^z P(x) dx$$

$F(z)$ - логнормальное распределение. Численно $F(z)$ равно доле зданий от общего количества в подвыборке, в которых среднегодовые значения ЭРОА радона не превысят Z .

C_{ln} и σ_{ln} оценивались по результатам проведенных измерений.

Для оценки достоверности выдвинутой гипотезы о том, что полученное опытным путем статистическое распределение описывается некоторой аналитической функцией $F(x)$, применялся критерий согласия Пирсона. Все подвыборки характеризуются удовлетворительным значением вероятности по критерию Пирсона ($>0,1$).

Результаты анализа представлены в таблице.

№ п/п	Фактор		Среднее арифметическое, значения ЭРОА радона, Бк/м ³	Среднее геометрическое, значения ЭРОА радона, Бк/м ³	σ_{ln}	Доля зданий с ЭРОА $Rn > 100$ Бк/м ³ , %	Доля зданий с ЭРОА $Rn > 200$ Бк/м ³ , %	Объем выборки
1	Радоновый потенциал территории	Приокский	78	48	0,94	22	6,3	105
		Советский	45	34	0,77	8,1	1,1	134
2	Этажность	1-2 ^х эт. здание	66	41	0,87	15,5	3,5	107

		3-10 эт. здание	51	36	0,8 4	11,1	2	160
3	Режим эксплуата ции	Эксплуатиру емое здание	103	61	1,0 1	31,2	11,8	75
		Здание вводящееся в эксплуатац ию	43	33	0,7 2	5,9	0,6	43
4	Особенно сти конструкц ии здания	Здание с подвальными помещениям и	50	36	0,7 9	9,9	1,5	156
		Здание без подвальных помещений	66	44	0,9	17,9	4,6	112
5	Здания в верхней части города		58	39	0,8 5	13,7	2,7	263

Нормативная ЭРОА для жилых помещений – 200 Бк/м³.

Подгруппы строений, в зависимости от радонового потенциала территорий, на которых они расположены, различаются по обоим параметрам распределения – среднему геометрическому и дисперсии.

По данным аэрогаммасъемки, на территории Приокского района выявлено наличие локальных участков как с относительно высоким содержанием радия в грунте, так и с относительно низким содержанием. (Радий-226 – природный радионуклид, из которого непосредственно образуется радон).

Советский район характеризуется относительно однородным распределением радия в почве.

Распределение ЭРОА в зданиях Приокского района отличается большей вариабельностью (разбросом около среднего) значений ЭРОА, чем в Советском районе. Это можно объяснить неоднородностью распределения радия в грунте на территории Приокского района.

Здесь анализировались результаты измерений ЭРОА радона в помещениях 1 этажа.

Следующий фактор - этажность здания - значимо влияет только на среднее геометрическое ЭРОА радона. Значение среднего арифметического ЭРОА радона в многоэтажных зданиях ниже, чем в 1-2 этажных, что можно объяснить “разбавлением” поступающего из земли радона в большем объеме строения.

В выборку включены помещения 1 этажа строений, которые расположены в верхней части г. Н. Новгорода (Советский, Приокский, Нижегородский районы)

Параметры распределения, в зависимости от режима эксплуатации, рассматривались по результатам измерений ЭРОА радона в подвальных помещениях зданий, расположенных в верхней части города.

Как видно, режим эксплуатации существенным образом влияет как на дисперсию, так и на среднее геометрическое распределения ЭРОА.

Такой фактор, как наличие подвальных помещений заметно влияет на оба параметра распределения. Несмотря на то, что наличие подвалов увеличивает площадь натекания в здание почвенного радона, значение среднего арифметического ЭРОА радона в зданиях с подвалом меньше, чем в зданиях без подвала. Данный факт, очевидно можно объяснить

тем, что подвальные помещения, как правило, проветриваются более эффективно чем жилые, и играют роль буфера между жилыми помещениями и почвенным воздухом.

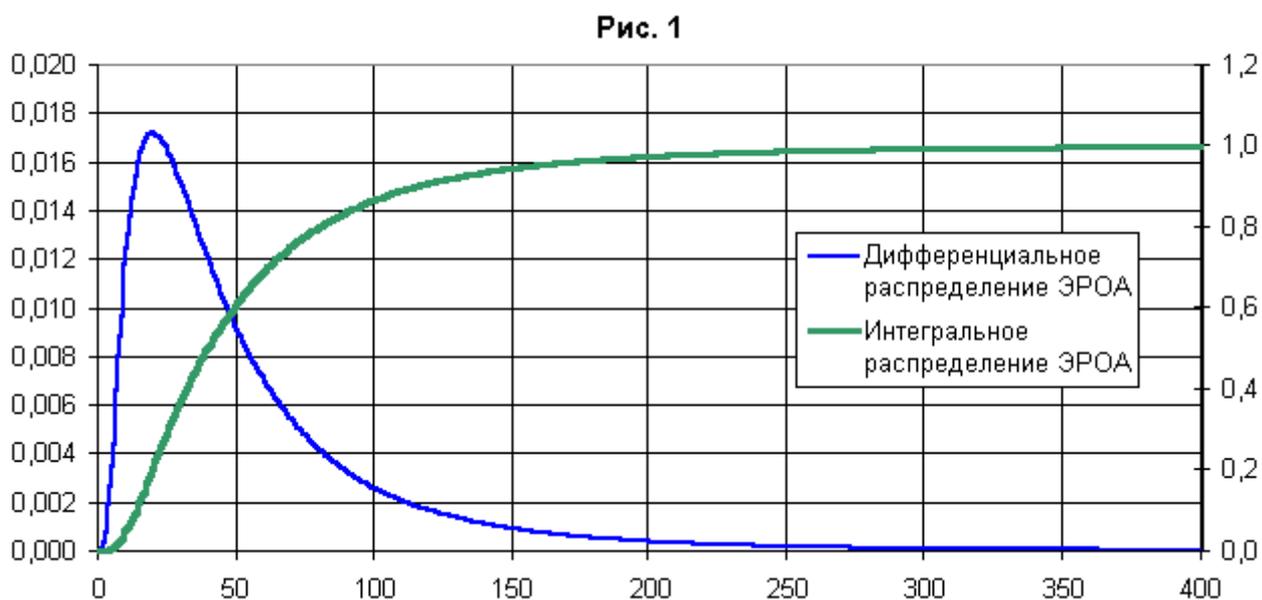
Хорошим примером служит проведение радонозащитных мероприятий в средней школе с. Вечкусово Шатковского района, когда обеспечение сквозного проветривания подвальных помещений существенно снизило концентрацию радона в здании.

Сравнительный анализ параметров распределения и средних величин для подгрупп зданий в зависимости от материала, из которого изготовлены основные несущие конструкции зданий, не выявил существенного влияния стеновых материалов на содержание радона в помещениях.

Проведен анализ более объемной подвыборки, относящейся к первому этажу эксплуатируемых зданий, расположенных в верхней части города.

Поскольку все обследованные эксплуатируемые помещения на 1-х этажах нежилые, максимальная средняя индивидуальная годовая доза облучения от воздействия радона в производственных условиях в этих помещениях составляет – 0,93 мЗв/год.

На рис.1 приведены графики аналитических функций распределения ЭРОА для рассматриваемой подвыборки зданий.



Обобщив результаты анализа четырех рассмотренных факторов, влияющих на уровни радона в зданиях, можно сделать следующие выводы:

- Радоноопасность территории, режим эксплуатации зданий и наличие (отсутствие) подвальных помещений относятся к факторам 1-го порядка, с изменением которых изменяются оба параметра логнормального распределения ЭРОА (среднее геометрическое и дисперсия);
- К факторам 2-го порядка относится этажность зданий, изменение которой приводит только к изменению среднего геометрического;
- Наибольшая доля зданий от их общего числа (6,3%) – в помещениях 1-го этажа которых, ожидаемые максимальные среднегодовые значения ЭРОА радона превышают нормативные значения (200 Бк/м³ для эксплуатируемых жилых строений), находится в Приокском районе;
- В выборке, состоящей из 1-2 этажных строений, расположенных на выявленных участках с относительно высоким содержанием радия в почве, доля зданий, в помещениях которых ЭРОА радона, будет больше 200 Бк/м³, может существенно превышать 6,3%.

Дальнейшее увеличение объема измерений позволит провести дробление подвыборки зданий по иным признакам, что обозначит дополнительные факторы, значимо влияющие на уровни радона в помещениях.

В целом, анализ результатов измерений позволяет классифицировать территорию г. Н. Новгорода как умеренно радоноопасную. При строительстве на радоноопасных участках необходимо предусматривать превентивные радонозащитные мероприятия, которые позволят минимизировать риск возникновения сверхнормативных концентраций радона в помещениях здания.

Основной принцип противорадоновой защиты заключается в предотвращении поступления радона в помещения, что может быть реализовано путем депрессии грунтового основания пола с использованием коллектора радона и вытяжной вентиляционной системы, герметизацией щелей, швов, стыков и коммуникационных проемов и т. д. Проведение радонозащитных мероприятий на стадиях проектирования и строительства более эффективны и менее дорогостоящи, чем в уже построенном здании.

Класс требуемой противорадоновой защиты определяется по результатам измерений плотности потока радона из грунта на строительной площадке. Как правило, задача противорадоновой защиты в большинстве случаев практически разрешима. В качестве примера можно привести мероприятия в кафе-магазине на ул. Ларина, 13, которые снизили содержание радона в помещениях в 20-30 раз. Путь поступления радона в здание – колодец для ввода труб отопления в помещение – был закрыт воздухонепроницаемой крышкой, из под которой выведена вытяжная труба для выброса почвенного воздуха в атмосферу.

Рис. 2 демонстрирует влияние состояния системы вентиляции колодца на изменения концентрации радона, поскольку 20 января конец вытяжной трубы не был закрыт дефлектором, и труба периодически забивалась снегом, льдом, которые впоследствии таяли. Максимальное и минимальное значение концентрации радона различаются в несколько раз.

На рис. 3 представлены суточные вариации при установленном на конце трубы дефлекторе.

Это наглядная демонстрация того факта, что выход из строя хотя бы одного узла противорадоновой защиты, может свести к нулю эффективность всей системы.

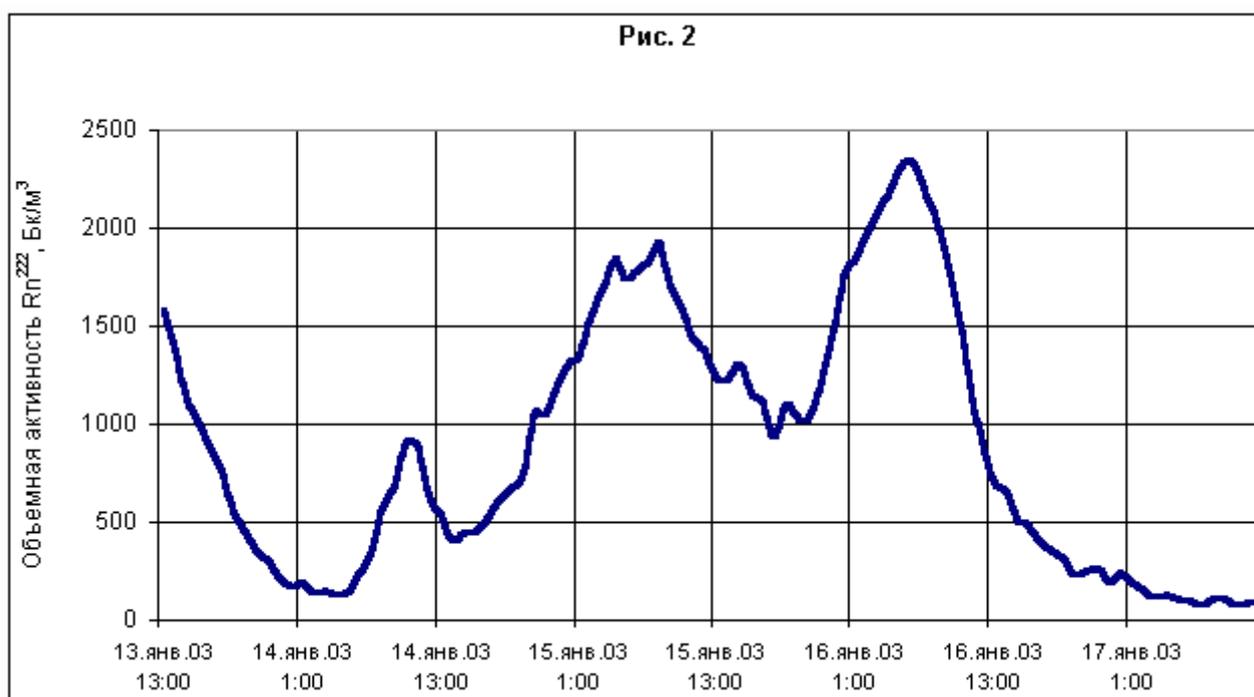


Рис. 3

