

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАДОНОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ КИРГИЗИИ

Актуальность исследований радиационного воздействия естественных источников излучения на население, в частности, от радона и его дочерних продуктов распада (ДПР), уже не вызывает никаких сомнений, так как природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Средняя эффективная эквивалентная доза, обусловленная природными источниками, составляет около две трети дозы от всех источников ионизирующего излучения, воздействующих в настоящее время на человека. В последние десятилетия, как в зарубежной, так и в отечественной литературе, появилось значительное количество статей и монографий, посвященных проблемам радиационного воздействия на население изотопов радона и их дочерних продуктов распада [1, 2,3]. По данным Научного комитета по действию атомной радиации при Организации объединенных наций (НКДАР ООН), за счет радона создается около половины общей дозы облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Нередки случаи, когда облучение населения ДПР радона в жилищах приводит к готовым значениям эффективной дозы, превышающим предел дозы для лиц, профессионально работающих с ионизирующим излучением. Анализ, проведенный Комитетом по оценке риска здоровью при облучении радоном Национальной Академии Наук США (BEIR VI), показал, что от 10 до 14% случаев рака легких обусловлено облучением населения дочерними продуктами распада радона в жилищах. После курения облучение радоном является следующей основной причиной возникновения этого тяжелого заболевания.

Поскольку население большую часть времени проводит внутри жилых и производственных помещений, на дозу от природных источников ионизирующего излучения существенно влияют естественные радионуклиды (ЕРН), содержащиеся в материалах, а также особенности конструкций зданий. Ввиду того, что содержание ЕРН варьирует в широких пределах индивидуальные дозы облучения в различного вида зданий изменяются в очень широком диапазоне: от значений в два раза ниже среднего до значений в 100 раз и более превышающих средние. Облучение населения от естественных радионуклидов (ЕРН), в первую очередь от радона, определяет дозовую нагрузку на население в любом регионе.

Природный радиоактивный газ ( $^{222}\text{Rn}$ ) присутствует в наружном воздухе и внутри всех зданий, включая рабочие места. Таким образом, он является неизбежным источником радиационного воздействия как в жилищах, так и на рабочих местах. В некоторых географических точках могут наблюдаться повышенные концентрации радона в зданиях, включая рабочие места. В особенности это относится к таким рабочим местам, как подземные рудники, природные пещеры, туннели, зоны медицинских процедур курортов с минеральными водами, станции фильтрования, где обрабатываются или хранятся грунтовые воды с высокой концентрацией радона.

Однако, нельзя забывать и о другом ЕРН, тороне. Так как за счет дочерних продуктов распада (ДПР) торона формируется около трети всей дозы ингаляционного облучения. Таким образом, излучение вклада торона в формирование дозы облучения населения должно стать важной составной частью при изучении естественных радионуклидов. Ведь на практике возникает необходимость оценивать не только усредненную по времени объемную активность радона (или его ДПР), но и среднюю объемную активность ДПР торона.

Впервые радиационные обследования по определению объемной активности радона и торона в воздухе жилых и других помещений в Кыргызстане проводились на

территории Иссык-Кульской области с 1999 года [5]. Общее число измерений составило всего 113 в городских квартирах и сельских домах. В 73 городских и 306 сельских домах измерения проводились полносезонно, как в летний период года, так и в зимний.

### Методы

Для получения комплексной информации по дозовым нагрузкам от радона и торона используется сочетание инспекционных аспирационных методов определения объемных активностей радона и ДПР радона и торона с интегральными методами измерений [2].

Аспирационный метод измерения радона основан на модифицированном методе Маркова-Терентьева, что позволяет оценить не только содержание ДПР радона, но и ДПР торона в воздухе жилых помещений [4].

Дополнительной особенностью использования аспирационных методов измерения эквивалентной равновесной активности радона (ЭРОА) является возможность оценки значения коэффициента равновесия  $F$  между радоном и его дочерними продуктами распада по сдвигу равновесия между отдельными дочерними продуктами распада [2].

Для интегрального метода используются интегральные трековые радиометры радона (ИТРР) пассивного типа. Экспозиция ИТРР в течение 1-3 месяцев позволяет достаточно надежно судить о средних значениях объемной активности радона.

### Результаты

Все обследованные помещения были разделены по двум основным типам зданий: дома сельского типа и квартиры городского типа. Наибольшее число измерений проведено в домах сельского типа. В основном ОА радона могут быть описаны логнормальным распределением (рис. 1 и 2).

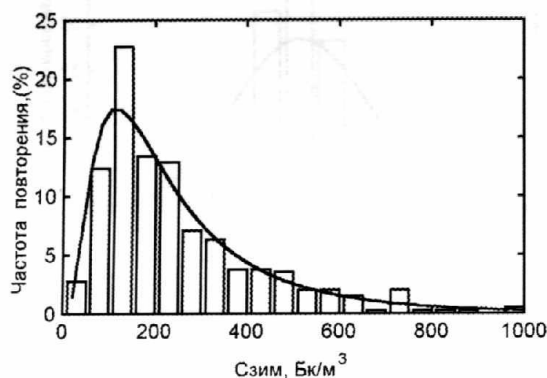


Рис. 1. Распределение ОА радона в зимний период в домах сельского

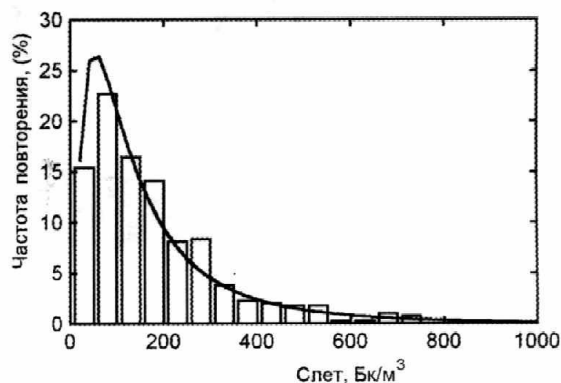


Рис. 2. Распределение ОА радона в летний период в домах городского

при изучении полученных данных просматривается очень малое отличие между ОА радона в городских и сельских домах. Разница между сельскими и городскими жилищами ( $p < 0,05$ ) может быть обнаружена лишь в подвыборках измерений в северной и южной частях Иссык-Кульской области. Параметры распределения ОА радона представлены в таблице 1.

### Параметры распределения ОА радона

Таблица 1

Тип здания	Зимний сезон			Летний сезон		
	Ср. арим., Бк/м <sup>3</sup>	Ср. геом., Бк/м <sup>3</sup>	СГО	Ср. арим., Бк/м <sup>3</sup>	Ср. геом., Бк/м <sup>3</sup>	СГО

Городские	235	211	2,16	212	124	3,07
Сельские	267	200	2,13	181	123	2,51

Были получены предварительные результаты сезонной зависимости ОА радона  $C_{зим} = f(C_{лет})$ ,  $C_{лет} = f(C_{зим})$  и сезонной вариации ОА радона  $C_{зим} - C_{лет}$ . Эти параметры могут быть использованы для оценки среднегодовых значений ОА радона по результатам измерений, проведенных в течении одного сезона. Существует статистически значимая положительная разность между  $C_{зим} - C_{лет}$ , но не наблюдается статистически значимой достоверной корреляции между этой разностью и значением  $C_{зим}$  или  $C_{лет}$ . Распределение  $C_{зим} - C_{лет}$  может быть описано нормальным распределением, что представлено на рисунках 3 и 4. параметры этого распределения представлены в таблице 2. Следует отметить, что различия в величинах данных параметров не являются статистически значимыми.

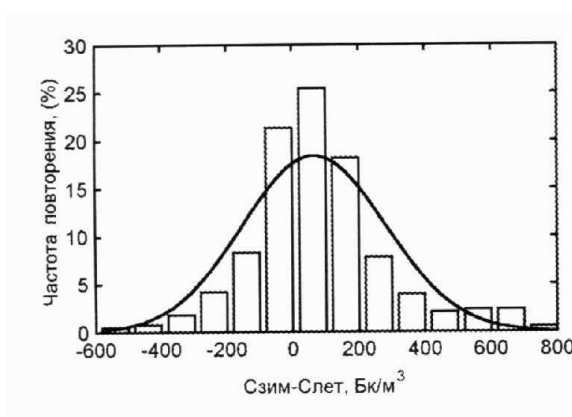


Рис.3. Распределение разности  $C_{зим} - C_{лет}$  в сельских домах

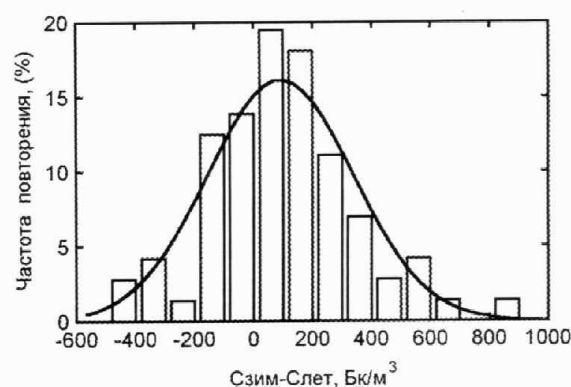


Рис.4. Распределение разности  $C_{зим} - C_{лет}$  в городских домах

### Распределение разности сезонных вариаций ОА радона $C_{зим} - C_{лет}$

Таблица 2

Тип здания	Ср. арифм., Бк/м <sup>3</sup>	Стандартное отклонение, Бк/м <sup>3</sup>
городские	90	247
сельские	86	284

Для определения коэффициента равновесия  $F$  мы использовали результаты исследований, проведенных в летний период года по сдвигу равновесия между  $Р\alpha-218$  и  $Р\alpha-214$ . Распределение для коэффициента равновесия можно считать логнормальным. В публикации 65 МКРЗ [3] рекомендовано использовать значение коэффициента равновесия  $F = 0,4$ . Полученный нами коэффициент равновесия для летнего периода года был округлен  $F=0,3$ , что значительно ниже рекомендованного значения.

Значения распределения коэффициента равновесия представлены в таблице 3.

### Распределение коэффициента равновесия, $F$

Таблица 3

Тип здания	Среднее	Среднее	СГО

	арифметическое	геометрическое	
городские	0,26	0,21	2,20
сельские	0.28	0,24	3,00

Результаты исследований показали, что нет адекватных моделей для описания сезонных вариаций радона. Поэтому среднегодовое значение ЭРОА радона были рассчитаны с использованием непосредственных парных измерений ОА радона, проведенных летом и зимой, а также измеренных значений коэффициента равновесия F. Для холодного периода года мы условно приняли F=0,5, так как замеры в зимний период года не велись. Полученные результаты представлены в таблице 5.

### Параметры распределения среднегодовых значений ЭРОА радона

Таблица 5

Тип здания	Число измерений	Ср. арифм. Бк/м <sup>3</sup>	Ср., геометр. Бк/м <sup>3</sup>	СГО
городские	73	82	65	1,97
сельские	396	74	62	1,82
всего	472	75	62	1,84

Порученные различия для среднегеометрических значений не являются статистически значимыми. Ожидаемая из параметров распределения часть жилищ с ЭРОА радона выше 200 составляет 2,8 %. Реально наблюдаемая доля жилищ с превышением данного санитарно-гигиенического уровня составила 3,0 %.

Были рассмотрены зависимости уровня накопления радона в жилищах от их конструктивных особенностей. Связь ОА радона с материалом стен представлена на рис. 3 и 4.

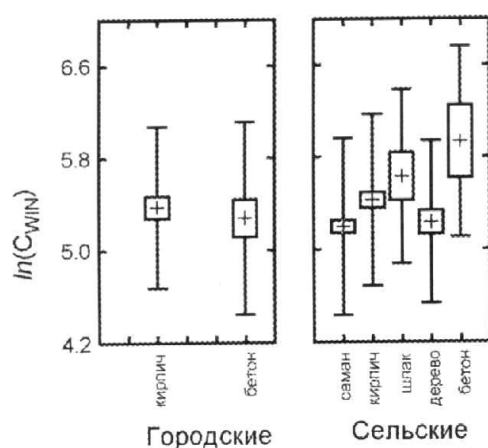


Рис.3. Зависимость зимних значений ОА радона от материала стен

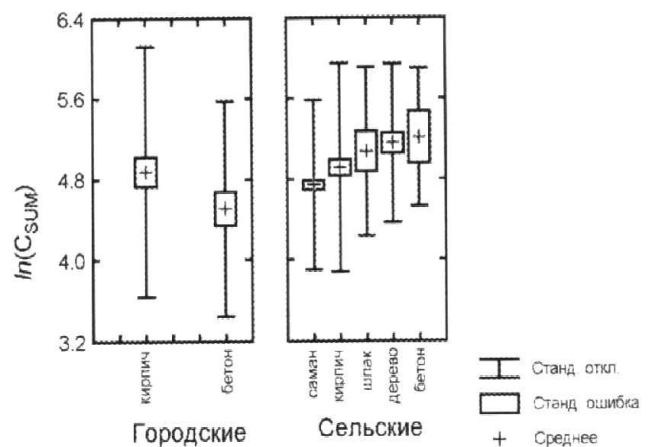


Рис.4. Зависимость летних значений ОА от материала стен

Анализ связи измеренных значений ОА радона в городских зданиях с этажом проведения измерений выявили отсутствие статистически значимой зависимости для летнего сезона. Для зимнего сезона прослеживается слабая тенденция к уменьшению значений ОА радона с увеличением номера этажа, но данная зависимость также не является статистически значимой.

Полученные данные позволяют выдвинуть гипотезу о диффузном пути поступления радона в помещения кК о доминирующем пути, наиболее характерном для данного региона с его геологическими и климатическими особенностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Health Effect of Exposure to Radon. Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR IV). National Academy Press. Washington, 1999.
2. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997.
3. Защита от радона – 222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ. –М.: Энергоатомиздат, 1995.
4. Терентьев М.В. Совместное определение концентраций  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{220}\text{Rn}$  в воздухе //Атомная энергия, 1986 Т. 61. , №3.-С.192-195.
5. Zhukovsky M., Kirdin I., Aseev N., Termechicova R. Exposure to Radon and Thoron in the Issyk-Kul Region of Kirgizia. Proc. Of the 5<sup>th</sup> Intern. Conf. High Levels of Natural Radiation and Radon Areas. Munich, 4-7 Sept, 2000. BFS, 2002. Vol. 2. p. 201-203.