

Проблемы оптимизации защиты от радона и введения референтного уровня в Российской Федерации

И.В. Яρμοшенко, А.Д. Онищенко, М.В. Жуковский

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург

Практическая реализация концепции референтного уровня для оптимизации защиты от облучения радоном в жилищах требует рассмотрения ряда связанных с этим проблем. Принимая во внимание опыт ограничения облучения радоном в жилищах, существующий в России, и рекомендации МКРЗ, российский национальный референтный уровень для радона должен быть установлен в виде среднегодовой объемной активности радона 200 Бк/м³.

Ключевые слова: радон, референтный уровень, оптимизация защиты.

Введение

В соответствии с рекомендациями МКРЗ [1] в процессе оптимизации защиты в ситуации существующего облучения устанавливается референтный уровень (РУ). Облучение радоном относится именно к ситуации существующего облучения, поскольку источник радона – естественная радиоактивность земной коры, существует на момент принятия решения о необходимости обеспечения защиты и является объектом, на который невозможно воздействовать непосредственно. Референтный уровень представляет собой уровень дозы или риска, выше которого неприемлемо допускать облучение и ниже которого следует проводить оптимизацию защиты. Введение понятия РУ в рекомендациях МКРЗ в 2007 г. явилось определенной новацией. В противоположность уровню вмешательства РУ не устанавливает четкую границу между безопасным и опасным воздействием, а определяет неприемлемо высокий уровень риска [2].

Национальный РУ устанавливает соответствующий регулирующий орган. Основываясь на данных объединенного анализа риска возникновения рака легкого при облучении радоном и данных по дозиметрическому моделированию легких, МКРЗ рекомендовала установить национальные РУ объемной активности (ОА) радона не выше 300 Бк/м³, что соответствует годовой эффективной дозе 10 мЗв [3]. Те же данные побудили ВОЗ рекомендовать снизить национальный РУ до 100 Бк/м³ [4].

Принятые в настоящее время в России Нормы радиационной безопасности включают согласованную систему уровней действия (вмешательства). Радиационно-гигиеническое нормирование воздействия радона осуществляется на основе величины среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов радона и торона в помещении (ЭРОА радона + 4,6·ЭРОА торона). Норматив является двухуровневым и зависит от стадии жизненного цикла здания, на которой он применяется. В эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая ЭРОА дочерних продуктов радона и торона не должна превышать 200 Бк/м³. При проектировании новых зданий должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая ЭРОА дочерних продуктов радона и торона не превышала 100 Бк/м³.

Рекомендации МКРЗ о введении РУ могут потребовать определенного пересмотра существующей системы

обеспечения радиационной безопасности. В настоящей статье рассмотрены проблемы, связанные с установлением национального РУ для оптимизации защиты от радона в России.

Выбор величины РУ

Выбор параметра, который наилучшим образом характеризует радон как фактор воздействия на человека в жилищах, не является однозначным. Облучение радоном может быть охарактеризовано несколькими параметрами, переход между которыми связан со значительными неопределенностями. Для перехода от ОА радона к эффективной дозе необходимо использовать коэффициенты, характеризующие сдвиг равновесия между радоном и дочерними продуктами, биокинетику ДПР в респираторном тракте, относительную биологическую эффективность, радиочувствительность органов. Многие из этих коэффициентов переменны, часть недостаточно точно определена, значения периодически уточняются. В то же время ОА радона является прямо измеряемой величиной. Поэтому в случае облучения радоном удобно устанавливать РУ по величине ОА радона.

С 1989 г. и до настоящего времени в России нормирование содержания радона в жилищах осуществляется по ЭРОА радона. Преимуществом использования ЭРОА радона в нормировании воздействия радона является то, что при переходе к величине эффективной дозы не требуется учитывать неизвестный сдвиг равновесия между радоном и дочерними продуктами. С другой стороны, среднегодовая ЭРОА дочерних продуктов радона не может быть напрямую измерена существующими техническими средствами, и возникает неопределенность, связанная с сезонными вариациями поступления радона. На практике в России обследования уровней накопления радона часто проводятся с использованием различных методов измерения ОА радона. Переход от измеренной ОА радона к ЭРОА радона осуществляется через фиксированное значение коэффициента равновесия F, которое в различных документах предлагается равным 0,4 или 0,5. Необходимо отметить, что использование в Российской Федерации для нормирования ЭРОА радона вместо ОА неоднократно вызывало недопонимание, а иногда и прямые ошибки при работе международных организаций (таких как НКДАР ООН и ВОЗ).

В настоящее время в России предъявляются требования к ограничению облучения населения за счет дочерних продуктов распада торона (радон-220). Однако на практике объединенный норматив применяется в редких случаях в связи с тем, что оценка среднегодовой ЭРОА торона связана с рядом нерешенных технических и метрологических проблем. Анализ проблемы торона показывает, что контроль содержания ^{232}Th в строительных материалах с большой вероятностью обеспечит оптимизацию защиты от облучения торона и дочерними продуктами.

Таким образом, сопоставление недостатков и преимуществ использования ОА, ЭРОА и эффективной дозы в качестве нормируемой величины показывает, что для установления РУ будет оправдано использовать среднегодовую ОА радона. При этом следует оговорить условия, при которых устанавливается данная норма (длительность пребывания, значение коэффициента равновесия, значения дозовых коэффициентов и др.).

Выбор значения ОА радона для РУ

Очевидно, что оптимизация защиты населения от радона не может быть достигнута, если национальный РУ установлен выше, чем максимальные уровни накопления радона в жилищах. И наоборот, если ОА радона превышает РУ в большом числе жилищ, затраты на снижение облучения не будут экономически оправданы. Поэтому национальный РУ ОА радона должен быть установлен с учетом результатов анализа реальных уровней накопления радона в жилищах страны. Например, в качестве значения ОА радона для РУ могут быть использована 90-я процентиль распределения ОА радона в жилищах. Для этого параметры распределения должны быть определены в ходе выборочного национального радонового обследования.

До настоящего времени общероссийское выборочное представительное радоновое обследование не проведено. Однако на основании радиационно-гигиенических паспортов регионов России можно оценить среднее региональное значение ОА радона, которое в домах городского типа равно 52 Бк/м^3 , геометрическое стандартное отклонение (ГСО) 1,6 (2009 г.) [5]. Эта величина может быть в первом приближении использована как оценка средней ОА радона в России. Чтобы восстановить форму логнормального распределения, необходимо принять некоторое значение для ГСО ОА радона. По нашему мнению, достаточно хорошей оценкой ГСО может быть величина 2,7. При таком подходе 90-му перцентилю для зданий городского типа соответствует ОА радона 160 Бк/м^3 , с учетом других типов зданий эта величина составляет примерно 200 Бк/м^3 . Использованный подход продемонстрирован на рисунке.

За продолжительное время действия в России норматива ЭРОА радона для проектируемых зданий ($< 100 \text{ Бк/м}^3$) было построено значительное количество новых жилых и общественных зданий. Снижение требований по радиационной защите населения по сравнению с достигнутым уровнем не целесообразно. Потому в России возможно установить одноуровневый (для новых и существующих зданий) РУ, равный среднегодовому значению ОА радона 200 Бк/м^3 , что одновременно соответствует достигнутому уровню ограничения облучения населения и 90-й перцентиле распределения ОА радона в жилищах.

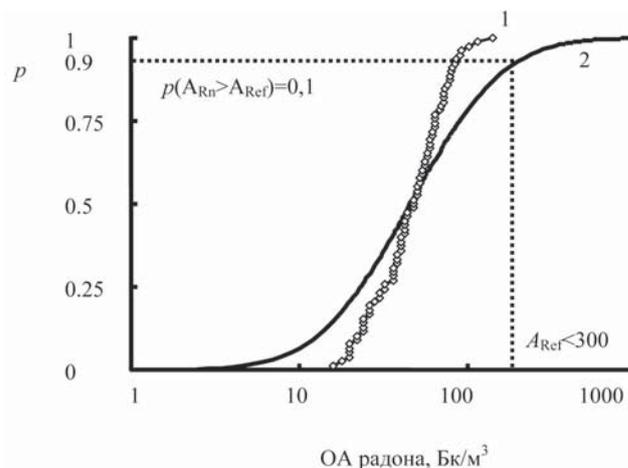


Рис. Базовый подход к выбору значения ОА радона для РУ: 1 – интегральное распределение средних ОА радона в субъектах РФ, ГСО=1,6; 2 – модельное распределение ОА радона в жилищах, ГСО=2,7

Проблемы внедрения РУ

Введение РУ взамен жесткого норматива, очевидно, может вызвать сложности при реализации принципов радиационной безопасности в случаях, когда ОА радона будет незначительно ниже или выше РУ. В целях практической реализации концепции РУ, кроме численного значения референтного уровня $A_{\text{реф}}$, в качестве дополнительного инструмента контроля может быть задан некоторый коэффициент K . Если выполняется условие $OA_{\text{Рн}} > A_{\text{реф}}/K$, то корректирующие мероприятия по снижению уровня радона являются обязательными. Фактически данный порог будет играть роль уровня действий или уровня вмешательства. При условии $OA_{\text{Рн}} < A_{\text{реф}}/K$ никаких действий по снижению уровней объемной активности радона в помещении проводить не следует. При $A_{\text{реф}}/K < OA_{\text{Рн}} < A_{\text{реф}}/K$ решение о проведении корректирующих мероприятий должно приниматься на основании принципа оптимизации с учетом количества лиц, подвергающихся облучению, их возраста, сложности и стоимости технической реализации мер по снижению объемной активности радона и т.д. Численное значение коэффициента K может находиться в интервале 1,5–2,0.

Факторы, определяющие поступление и накопление радона в помещениях, носят региональный характер, что необходимо учитывать в процессе оптимизации защиты от радона. Для таких больших стран, как Россия, характерно наличие нескольких климатических зон, территорий с существенно различающимся радоновым потенциалом и применение разнообразных строительных технологий. Вследствие этого средние по субъектам России ЭРОА радона значительно различаются. Поэтому в России представляется обоснованным введение, помимо федерального, региональных референтных уровней ОА радона. Одним из эффективных подходов к оптимизации защиты от радона на региональном уровне является рассмотрение в качестве регионального РУ величины ОА радона, соответствующей 90-му перцентиле ОА радона в группе зданий, демонстрирующей наилучшую практику защиты, которая была достигнута в данном регионе. С учетом экономических и социальных факторов может

быть выбрано более высокое значение регионального РУ, но оно не должно превышать $OA_{Rn} < A_{ref} / K$.

Выводы

1. Несмотря на то, что в целом опыт нормирования ЭРОА дочерних продуктов радона и торона в России был положительным, в целях оптимизации защиты в ситуации облучения радоном следует установить отдельный РУ ОА радона и рассматривать облучение торона в контексте радиационного контроля строительных материалов.

2. Для России следует установить одноуровневый РУ объемной активности радона 200 Бк/м³ (среднегодовое значение).

3. Целесообразным и обоснованным является введение, помимо федерального, региональных референтных уровней ОА радона.

И.В. Ярмошенко
Тел.: +7 (343) 3743771

Поступила: 29.08.2014 г.

Литература

1. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К.Шандалы ; пер с англ. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009.
2. Жуковский, М.В. Современные подходы к нормированию облучения радоном и анализ последствий их применения в России / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселев // АНРИ. – 2011. – № 4. – С. 18–25.
3. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. – М.: «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013.
4. Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. World Health Organisation (WHO). – Geneva: WHO Press, 2009.
5. «Дозы облучения населения Российской Федерации в 2009 году : информационный сборник. – СПб.: ФГУН СПб НИИРГ им. П.В.Рамзаева, 2010. – 68 с.

Problems of establishing national reference level for radon

I.V. Yarmoshenko, A.D. Onishchenko, M.V. Zhukovsky
Institute of Industrial Ecology UB RAS, Ekaterinburg.

Implementation of reference level conception for optimization of protection against radon in dwellings requires thorough consideration of a number of associated problems. With regard to both experience with regulation of indoor radon exposure in Russia and ICRP recommendations, Russian national reference level for radon should be expressed using annual radon concentration and set at level of 200 Bq/m³.

Key words: radon, reference level, optimization of protection.

In accordance with the ICRP recommendations [1] in the process of optimization of protection in existing exposure situation are established the reference level (RL). Exposure to radon is existing exposure situation, because the source of radon is the natural radioactivity of the earth's crust, it exist at the time of decision making about the necessity to ensure protection and is the object on which it is impossible to affect directly. The reference level represents the level of dose or risk above which it is unacceptable to allow exposure, and below which should hold the optimization of protection. Implementation of the concept of RL in the 2007 ICRP recommendations was defined by innovation. In contrast to the level of intervention, RL does not establish a clear boundary between safe and dangerous influence, and determines an unacceptably high level of risk [2].

National RL establishes the appropriate regulatory authority. Based on data from the joint analysis of the risk of lung cancer with exposure to radon and data on dosimetry modeling of lungs, the ICRP recommended establishing of national RL of radon volume activity (VA not above than 300 Bq/m³, which corresponds to an annual effective dose of 10 mSv [3]. In view of the same data WHO recommend reducing of the national RL to 100 Bq/m³ [4].

Radiation Safety Standards adopted in the Russian Federation include the agreed system of action (intervention) levels. Radiation-hygienic regulation of radon exposure is based on the average value of equivalent equilibrium volume activity (EEVA) of radon progeny and thoron indoors (radon EEVA + 4,6 thoron EEVA). The ratio is a two-level and depends on the stage of the life cycle of the building on which it is applied. In operated residential and public buildings, average annual EEVA of radon progeny and thoron should not exceed 200 Bq /m³. In the design of new buildings should be provided the average EEVA radon progeny and thoron does not exceed 100 Bq/m³.

ICRP recommendations on the implementation of RL may require some revision of the current system of radiation safety. This paper review problems associated with the establishing of the national RL to optimize protection from radon in Russia.

Reference level selection

Selection of parameter that best characterizes the radon as a factor of exposure in dwellings is not one-valued. Exposure to radon can be characterized by several parameters, the transition between which is associated with