

## О ВОЗМОЖНОСТИ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПО ВЕЛИЧИНЕ СУТОЧНОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ

*Афанасьев А.В., Гуманный В.В.*

Севастопольский национальный институт  
ядерной энергии и промышленности

*Показано, что существующий метод радиационного контроля внешней среды путем однократного измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения имеет ряд недостатков: не учитываются суточные изменения мощности дозы и кроме того, в результате измерения включаются фотоны малых энергий слабо воздействующие на человека. В связи с введением в действие НРБУ-97 воздействие излучения на человека в целом определяется по эффективной дозе, не учитывающей фотоны малой энергий до 0,15 МэВ. Предлагается осуществлять радиационный контроль внешней среды по величине суточной эффективной дозы.*

В настоящее время радиационный контроль за состоянием внешней среды осуществляют путем измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и концентрацией радиоактивных аэрозолей.

Однако в последние годы воздействия ионизирующих излучений на человека стало определяться величиной эффективной эквивалентной дозы.

Так в нормах радиационной безопасности Украины [1] основным нормируемым фактором является предел эффективной дозы для персонала работающего с источниками ионизирующих излучений – 20 мЗв/год и для населения 1мЗв/год.

Такое нормирование приводит к тому, что и оценка радиационного состояния внешней среды должна также определяться в этих величинах и единицах измерения.

Однако переход от измерения мощности экспозиционной дозы к мощности эффективной дозы проблема достаточно сложная и ей посвящено целый ряд трудов специальной литературы [2-4] дело в том, что величина эффективной дозы сложным образом зависит от энергии излучения и от

геометрии облучения. Такая зависимость может быть продемонстрирована на рис.1.

Из приведенного графика следует, что гамма-излучение с энергией менее 0,2 МэВ практически не дает вклада в эффективную дозу облучения человека, кроме того, из приведенных графиков следует, что мягкое излучение с энергиями порядка 0,1 МэВ имеет несколько больший вклад в эффективную дозу по сравнению с другими энергиями.

В то же время известно, что спектр излучения естественного фона значительно обогащен гамма-квантами малых энергий до 0,2 МэВ. Это объясняется комптоновским рассеянием гамма-излучения, как и в атмосфере, так и в почве.

Отсюда следует необходимость создания такого детектора гамма-излучения, который бы имел энергетическую зависимость чувствительности такую, которая соответствовала бы приведенная на графике энергетической зависимости коэффициента перехода от экспозиционной дозы к эффективной эквивалентной.

Расчеты показывают, что такой зависимости можно добиться, если в качестве детектора использовать ионизационную камеру со стенками из тканезквивалентной пластмассы толщиной 1 г/см<sup>2</sup>. При этом чтобы увеличить чувствительность для гамма-излучения с энергией 0,1 МэВ необходимо облицевать изнутри стенки камеры металлической фольгой с толщиной равной максимальному пробегу вторичных электронов из гамма-излучения этой энергии.

Проблема радиационного контроля за внешней средой по мощности дозы гамма-излучения осложняется также тем, что, как показывают измерения величина мощности дозы значительно колеблется в течение суток. Измерения выполненные авторами на кафедре дозиметрии СНИЯЭиП показывают, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в районе Севастополя колеблется в пределах от 3 до 12 мкР/ч. Эта величина в основном зависит от содержания радона в атмосфере. Последнее в свою очередь зависит от направления ветра.

Wx, сЗв/Р

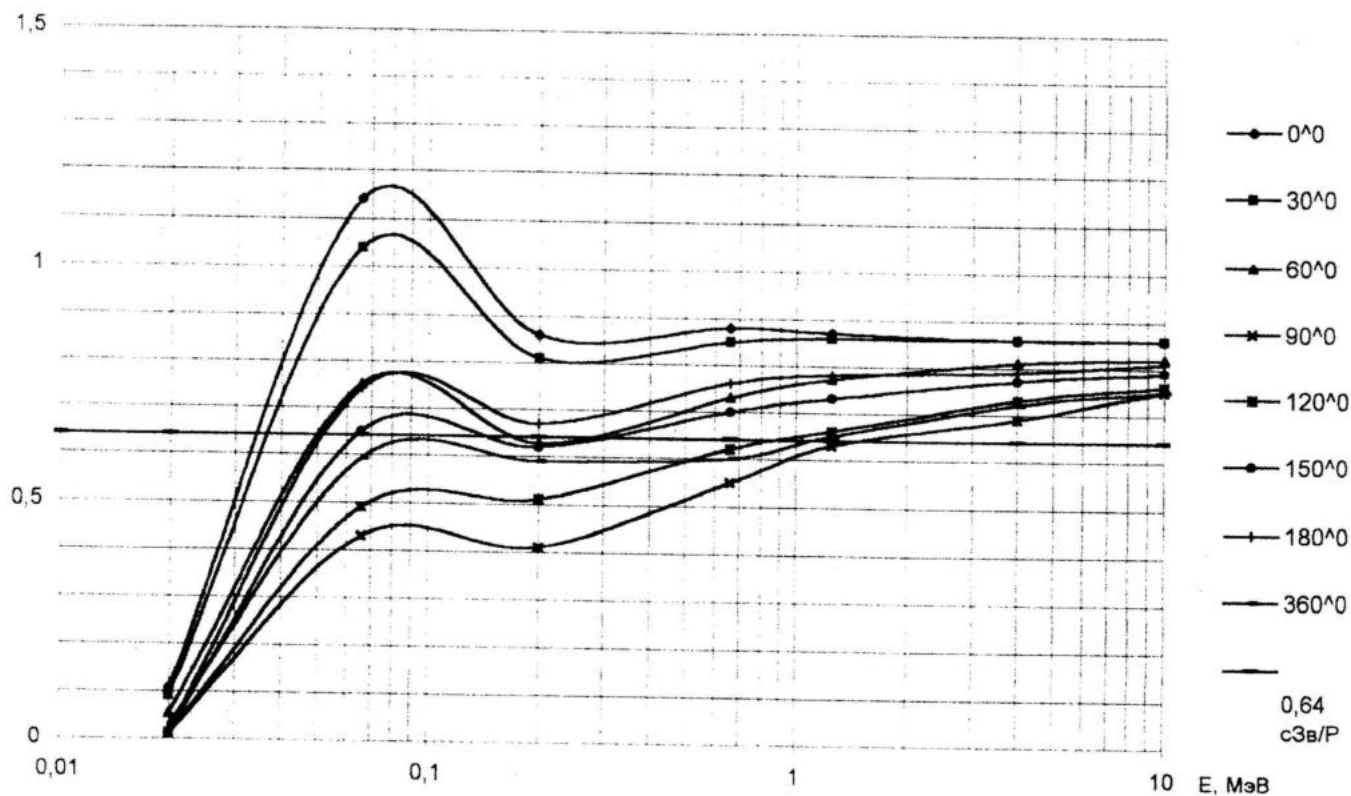


Рис. 1. Зависимость отношения экспозиционной и эффективной доз от спектра и геометрии облучения.

Когда ветер дует с моря над которым практически нет радона мощность дозы опускается до 3 мкР/ч. При северном ветре со стороны суши мощность дозы поднимается до 5-6 мкР/ч. Наибольшая мощность дозы  $\approx 12$  мкР/ч наблюдается в начале дождя при наличии северного ветра, когда дочерние продукты распада радона прибывают к земле. В последнее время появились сообщения, что содержание радона в атмосфере зависит также от состояния геомагнитного поля [5].

В связи с этим разовое измерение мощности дозы в определенное время дня даст очень большие разбросы, связанные с направлением ветра и геомагнитной обстановкой. Как известно [7], при измерении содержания в атмосфере

вредностей периоды осреднения выбираются: мгновенное за 2-3 минуты, среднесуточное и среднегодовое. Для содержания радиоактивных веществ в атмосфере, определяющие дозы облучения людей основной характеристикой является среднегодовая концентрация радиоактивных веществ и, главное, среднегодовая доза облучения. Очевидно, что для оперативного контроля за радиационным фоном, следует иметь среднесуточные дозы, которые затем суммировать в среднегодовые. Поэтому авторы предлагают перейти от разовых измерений к суточным измерениям. При этом необходимо измерять именно дозу, а не мощности дозы в определенное время суток. В настоящее время дозиметрами называют как измерители дозы так и измерители

мощности дозы. Для нашей цели должен использоваться именно дозиметр-измеритель дозы.

Такой дозиметр обладает наименьшей погрешностью и наибольшей сохранностью информации. Кроме того, дозиметр дает не среднесуточную, а именно суточную дозу, а сумма по дням даст не среднегодовую, а годовую дозу. При этом в качестве детектора может быть использована ионизационная камера достаточно большого объема работающего в режиме перераспределения заряда между зарядным и измерительным конденсаторами. При выполнении стенок как ранее указано и при измерении один раз в сутки такая камера будет давать значение эффективной эквивалентной дозы за сутки [8].

Для уменьшения явления саморазряда авторами предложено уменьшить напряжение на зарядном конденсаторе до 12 В (вместо 160 В) и увеличить емкости конденсаторов зарядного до 30-50 нФ, измерительного до 1000 пФ. Кроме того, в предложенном дозиметре использовано охранное кольцо, препятствующее перетечке зарядов с зарядного конденсатора на измерительный помимо ионизационной камеры.

Авторами предложен также путь уменьшения погрешности за счет разброса значений емкостей конденсаторов. Дело в том, что информацией о дозе считалось напряжение на измерительном конденсаторе [6]:

$$U_{изм} = 3,3 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{V_k}{C_k} \right) \cdot E, В \quad (1)$$

где  $V_k$  – объем камеры, см<sup>3</sup>  
 $E$  – эффективная доза, мкЗв

В связи с этим в качестве измерительного пульта использовался измеритель напряжения.

Однако формула (1) может быть преобразована в формулу:

$$Q_{изм} = 3,3 \cdot 10^{-6} \cdot V_k \cdot E, В \quad (2)$$

где  $Q_{изм}$  – заряд на измерительном конденсаторе, Кл

Действительно, из самого определения дозы следует, что информативной величиной является именно заряд, образованный излучением в воздухе камеры. Как следует из формулы (2) величина емкости конденсатора не влияет на величину заряда и поэтому не влияет на величину погрешности измерения.

Однако измерение заряда на конденсаторе оказалось довольно сложной технической проблемой. Авторы вначале пытались решить ее использованием время - импульсного преобразования [9]. Измеряемый конденсатор разряжался через операционный усилитель с высокоомным входом. На входе усилителя стоял компаратор, управляющий генератором импульсов. Однако в результате число импульсов оказывается пропорционально интегралу напряжения разряжающегося конденсатора. А поскольку конденсатор разряжается по экспоненте, то интеграл является экспонентой. В связи с этим созданный на данном принципе прибор давал число импульсов, экспоненциально зависящее от заряда, то есть обладал большой нелинейностью. Линейной зависимостью обладают зарядочувствительные усилители, напряжение на выходе которого пропорционально заряду. Теперь, если по достижению какой-то величины напряжения компаратор будет обнулять выходное напряжение, то число срабатываний компаратора будет пропорционально заряду, поступающему на вход усилителя.

Функциональная схема такого измерительного пульта, предложенная авторами настоящей статьи показана на рис. 2

Основой схемы является преобразователь заряда в число импульсов. Он выполнен на основе микросхемы КР1108ПП1, применяемой для преобразования напряжения в частоту. Ее особенностью является то, что каждый импульс на ее выходе строго соответствует величине поступившего на вход заряда. Для согласования чувствительности микросхемы с величиной заряда на конденсаторе перед микросхемой ставится операционный усилитель - в режиме повторителя напряжения. Количество импульсов сосчитывается счетным устройством и отображается на четырехзначном цифровом табло непосредственно в микрозвертах.



Рис. 2. Функциональная схема измерительного пульта

При необходимости, дозиметр позволяет измерять недельную дозу. В этом случае годовая доза будет суммой недельных.

Таким образом, авторы предлагают осуществлять контроль за естественным фоном гамма-излучения путем использования дозиметров эффективной дозы и осуществлять измерения суточных доз, которые затем суммировать в годовые.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). - Киев, 1998.
2. Conversion Coefficients use in Radiological Protection against External Radiation/ICRP Publication 74 (1995).
3. Инструкция по расчету эффективной дозы внешнего облучения персонала ЮУАЭС.-ЮУАЭС, 2002.
4. А.В. Афанасьев., В.В. Гуманный., В.Ю. Шигера. О переходе к нормированию величины эффективной дозы в НРБУ-97.//Сб. тр. СНИЯЭиП. В печати.
5. Н. Светлицкая. Радон в нашем доме. "Слава Севастополя" от 28.08.02.
6. И.В. Савченко. Теоретические основы дозиметрии. - ВМФ, 1985.
7. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземный слой атмосферы. - М.: Атомиздат, 1980.
8. Решение о выдаче декларационного патента по заявке на изобретение №2002076397 от 31.07.2002. Утверждено 4.12.2002.
9. П.П. Орнатский. Автоматические измерения и приборы. - К.: Наукова думка, 1986.