

Пути повышения точности и достоверности оценки индивидуальных доз персонала термолюминесцентным методом

Г.Н. Кайдановский¹, Е.Н. Пирогова²

¹ ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», Санкт-Петербург

² ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», Санкт-Петербург

Рассмотрены основные источники погрешностей измерений индивидуальных доз персонала, осуществляемых термолюминесцентным методом. Даны рекомендации по минимизации этих погрешностей. Проанализированы причины, снижающие достоверность оценок эффективной дозы по измеренным значениям индивидуального эквивалента дозы, вызванные несовершенством методических документов. Обсуждены изменения, внесенные в методические указания «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений».

Ключевые слова: термолюминесцентный метод, индивидуальный дозиметрический контроль, точность измерений, индивидуальный эквивалент дозы, эффективная доза.

Введение

Метод термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД) широко применяется для измерения индивидуальных доз внешнего облучения персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (ИИИ). Практика применения этого метода в лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского института радиационной гигиены (НИИРГ) показала, что для достижения требуемой точности результатов измерений необходимо выполнение целого ряда методических приемов. В настоящей работе приведен анализ основных источников погрешностей измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ и даны рекомендации по снижению этих погрешностей. В частности, предложена процедура выбраковки детекторов, не удовлетворяющих требованиям точности.

Рассмотрены методические особенности оценки эффективной дозы по результатам измерения индивидуального эквивалента дозы, в том числе вопросы учета естественного фона, дозиметрического контроля женщин детородного возраста и возможности проведения дозиметрического контроля персонала, эксплуатирующего ускорители электронов.

1. Основные составляющие исключаемой погрешности измерения индивидуального эквивалента дозы

1. Разброс уровня собственного фона детекторов в партии относительно среднего.
2. Разброс значений калибровочных коэффициентов детекторов в партии относительно среднего.
3. Изменение чувствительности детекторов (калибровочных коэффициентов) при длительной их эксплуатации.

1.1. Погрешности, связанные с разбросом уровня собственного фона детекторов

Процедура индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) предусматривает отжиг (для снятия остаточной информации с детекторов), экспозицию дозиметров в по-

лях ИИИ, считывание светосуммы (пропорциональной накопленной дозе) с помощью ТЛД-считывателя и вычитание из полученного результата собственного фона детектора.

В настоящее время широко используются детекторы ДТГ-4 на основе LiF и два вида ТЛД-считывателей, отличающихся способом обработки и представления результатов измерений. Типичный график кривой термовысвечивания (КТВ) детектора ДТГ-4 приведен на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что пик термовысвечивания находится на «пьедестале», обусловленном собственным фоном детектора.

В настоящее время на практике используется два вида ТЛД-считывателей, отличающихся способом обработки и представления результатов измерений. Считыватели «старого» поколения интегрируют всю светосумму в интервале температур от начала нагрева до температуры, соответствующей окончанию пика термовысвечивания. При этом результат интегрирования содержит в себе как интеграл пика термовысвечивания, так и «пьедестал». Для получения в этом случае информации о накопленной дозе необходимо из полученного при измерении значения вычесть среднее для партии детекторов значение собственного фона $\overline{H_\phi}$. Процедура определения среднего значения собственного фона предусматривает отжиг партии детекторов и измерение каждого детектора из партии после отжига. Частотное распределение зарегистрированных величин собственного фона детекторов Φ в наноКулонах (нКл) в партии из 200 штук приведено на рисунке 2.

Приведенное распределение характеризуется следующими параметрами: $\overline{\Phi} = 0,577$, нКл; $\sigma_\Phi = 0,033$. Величину $\overline{H_\phi}$ и абсолютную погрешность ΔH_ϕ , связанную с разбросом значений собственного фона при доверительной вероятности 95%, определяют из выражений:

$$\overline{H_\phi} = \overline{\Phi} \cdot K; \Delta H_\phi = 2\sigma_\Phi \cdot K, \text{ мЗв}; \quad (1.1)$$

где K – калибровочный коэффициент, мЗв/нКл.

В рассматриваемом случае ($K=0,12$ мЗв/нКл) величина $H_\phi=0,069$ мЗв, а абсолютная погрешность $\Delta H_\phi=0,008$ мЗв.

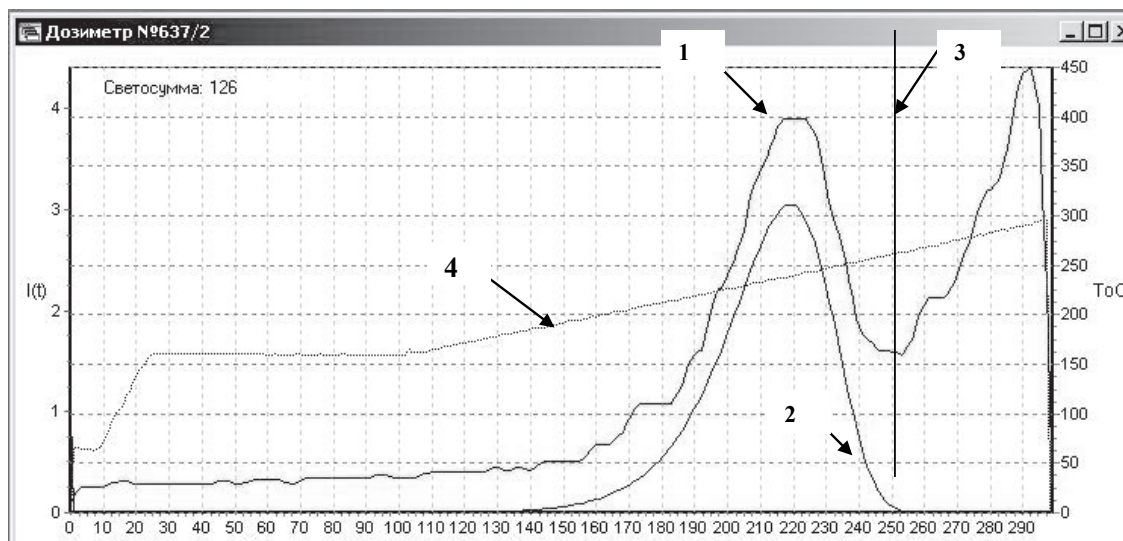


Рис. 1. Типичная кривая термовысвечивания детектора ДТГ-4: 1 – КТВ, 2 – пик термовысвечивания за вычетом собственного фона детектора, 3 – граница интегрирования в приборах без компьютерной обработки КТВ, 4 – график нарастания температуры

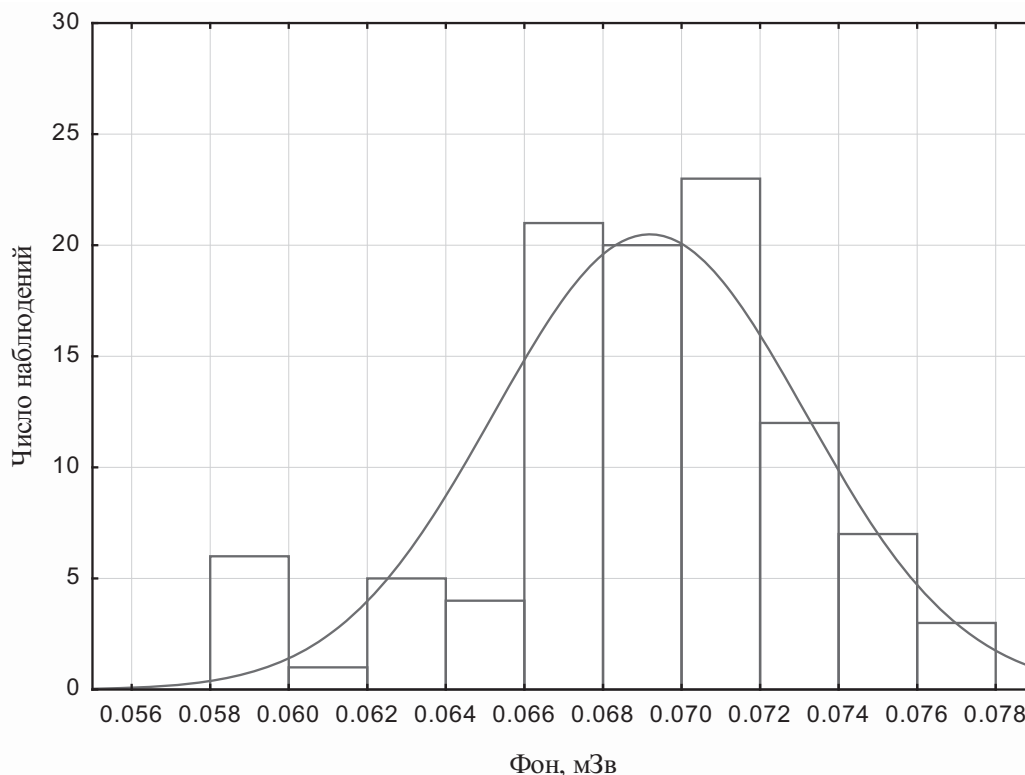


Рис. 2. Частотное распределение значений собственного фона детекторов: гистограмма – измеренные величины; график – ожидаемое нормальное распределение

Такая погрешность совсем невелика по сравнению с измеряемыми величинами квартальных доз. Определение же величины для каждой партии детекторов при использовании считывающих устройств без компьютерной обработки КТВ обязательно.

В современных ТЛД-считывателях нагрев детекторов осуществляется до температуры, превышающей температуру верхней границы пика термовысвечивания. Этим, с одной стороны, обеспечивается отжиг детектора не-

посредственно в приборе, а с другой стороны, производится компьютерная обработка КТВ с автоматическим вычитанием «пьедестала» $\overline{H}_\phi$. При этом определение величины «пьедестала» производится индивидуально для каждого детектора, а не используется среднее значение для партии. Таким образом, для современных ТЛД-считывателей погрешностью измерения индивидуальных доз, обусловленной вариабельностью собственного фона детекторов, можно пренебречь.

1.2. Погрешности, обусловленные разбросом индивидуальных значений калибровочного коэффициента детекторов в партии

Среднее значение калибровочного коэффициента для конкретной партии детекторов и конкретного ТЛД-считывателя устанавливается при проведении государственной поверки и заносится в свидетельство. Для исключения влияния возможного изменения характеристик ТЛД-считывателя на величину калибровочного коэффициента производится контроль его чувствительности к световому излучению, включая контроль коэффициентов усиления фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) и электронного усилительного тракта. Этот контроль осуществляется с помощью стабильного источника света, в качестве которого часто используется светосостав постоянного действия на основе радионуклида ^{14}C . Измерения показаний ТЛД-считывателя от стабильного источника света производятся в промежутках между измерениями детекторов. Стабильность этих показаний гарантирует отсутствие погрешностей, связанных с работой ТЛД-считывателя. При изменении показаний от стабильного источника света требуется введение поправок в коэффициент усиления прибора или изменение значения калибровочного коэффициента, занесенного в память компьютера.

Среднее значение калибровочных коэффициентов в партии, а также отклонения индивидуальных значений от среднего определяют для каждой конкретной партии перед началом ее использования и после нескольких циклов измерений (желательно не реже одного раза в год). С этой целью партию детекторов отжигают и облучают в полях фотонного или бета-излучения одинаковой известной дозой H , мЗв. Затем измеряют все детекторы в партии и для каждого детектора определяют его калибровочный коэффициент по формулам:

- для ТЛД-считывателей, результат измерений у которых выражается в нКл:

$$K_i = H / (\Pi_i - \overline{\Pi_\phi}), \text{ мЗв/нКл,} \quad (1.2)$$

где K_i – калибровочный коэффициент i -го детектора;

H – доза, которой облучена партия детекторов, мЗв;
 Π_i – показание прибора при измерении i -го детектора, нКл;

$\overline{\Pi_\phi}$ – среднее значение собственного фона для партии детекторов, нКл.

– для ТЛД-считывателей нового поколения с компьютерной обработкой КТВ:

$$K_i = H / H_i, \text{ отн. ед.,} \quad (1.3)$$

где H_i – доза, зарегистрированная прибором при измерении i -го детектора.

По результатам определения K_i строят частотное распределение и определяют его параметры: $\overline{K}$ (среднее значение) и σ_K (дисперсию).

В лаборатории радиационного контроля НИИРГ используются два ТЛД-прибора: Harshaw-2000 (США) без компьютерной обработки КТВ и ДВГ-02ТМ (Россия) с компьютерной обработкой КТВ. Основная погрешность этих приборов, согласно свидетельствам о поверке, составляет $\pm 20\%$. Чтобы такая точность гарантировалась в процессе измерений, был произведен отбор детекторов по величине калибровочного коэффициента. В качестве критерия отнесения детекторов к рабочей группе было принято соотношение:

$$0,85 \cdot \overline{K} \leq K_i \leq 1,15 \cdot \overline{K}, \quad (1.4)$$

т.е. индивидуальные значения калибровочных коэффициентов не должны отличаться от среднего более чем на 15%, с тем, чтобы изменение характеристик детекторов в процессе эксплуатации не привело к увеличению погрешности измерений выше указанной в свидетельстве о поверке. Детекторы, не удовлетворяющие условию (1.4), из партии выбраковываются и в дальнейших измерениях индивидуальных доз не используются. Для рассматриваемой партии детекторов верхняя и нижняя границы диапазона выборки составляют 0,137 и 0,101 мЗв/нКл соответственно.

На рисунке 3 приведено частотное распределение значений K_i для партии детекторов ДТГ-4 (208 штук), измеренных прибором Harshaw-2000 (США), указаны границы выбраковки при условии, что $\delta = 0,15$ (15%).

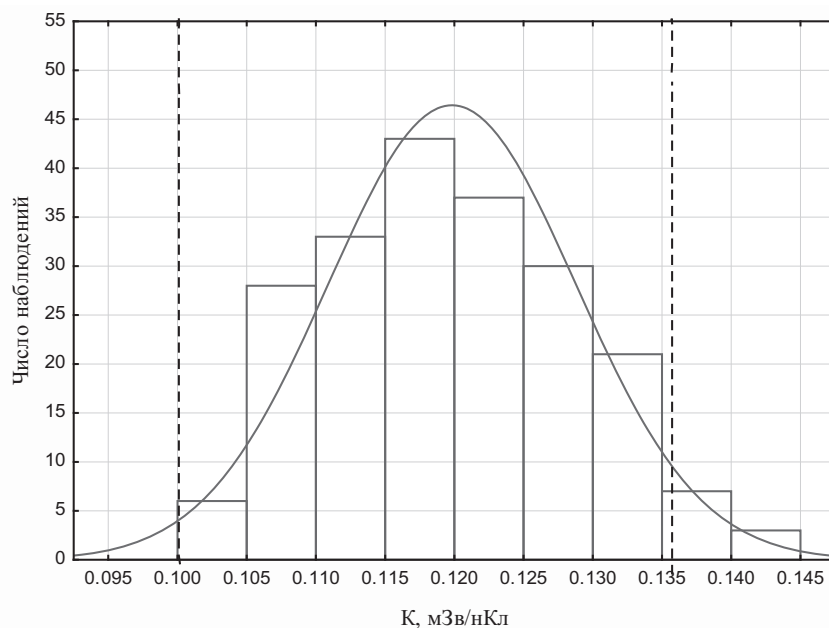


Рис. 3. Частотное распределение значений K_i ($\overline{K} = 0,119$, $\sigma = 0,009$)

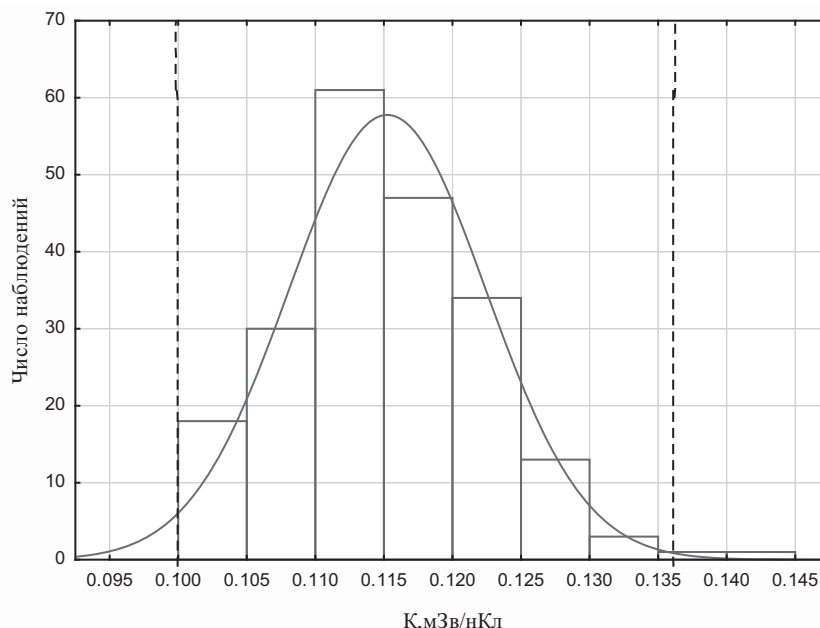


Рис. 4. Распределение K_i для партии детекторов, эксплуатировавшихся 4 квартала после выбраковки ($\bar{K} = 0,115$, $\sigma = 0,007$)

1.3. Погрешности, связанные с длительной эксплуатацией дозиметров

Практика проведения индивидуального дозиметрического контроля показывает, что в процессе эксплуатации детекторов их калибровочные коэффициенты изменяются. Это объясняется помутнением поверхностей, образованием микротрещин и т.п. На рисунке 4 приведено частотное распределение значений K_i для партии детекторов ДТГ-4, ранее отобранных по критерию (1.4) и находившихся в эксплуатации 1 год (4 квартальных цикла).

Из рисунка 4 видно, что значения калибровочных коэффициентов части детекторов вышли за ранее установленные пределы выборки. Эти детекторы из партии выбраковывают. Такой подход обеспечивает непревышение погрешности измерения индивидуальных доз, указанной в Свидетельстве о поверке.

Выбраковку детекторов целесообразно также производить по результатам измерений индивидуальных доз. Критерием для выбраковки является несоблюдение условия:

$$\frac{|H_1 - H_2|}{H_1 + H_2} \leq \delta, \quad (1.5)$$

где H_1 и H_2 – измеренные значения доз для 1-го и 2-го детекторов, размещенных в одном дозиметре;

δ – относительная погрешность измерений, указанная в свидетельстве о поверке.

В случае несоблюдения условия (1.5) из дальнейшего обращения изымаются оба детектора, а за величину $H_p(10)$ принимается значение, соответствующее максимальному (из двух) показанию детектора. При этом один из детекторов может удовлетворять условию (1.4) и его можно вернуть в рабочую группу. Для этого изъятые из обращения детекторы тщательно моют, облучают известной дозой, измеряют, определяют значение K_i и возвращают в рабочую группу те детекторы, K_i которых соответствуют ранее установленным границам. Таким образом, удается

максимально использовать парк имеющихся детекторов без ухудшения точности измерения индивидуальных доз.

2. Неопределенности оценки эффективных доз E по измеренным значениям индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$

Неопределенность результата оценки эффективных доз E по измеренным значениям индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ связана как с несовершенством методических документов, регламентирующих порядок оценки эффективных доз, так и с ограниченностью информации о спектральном и угловом распределении полей фотонного излучения, действующего на человека.

2.1. Вычитание природного фона

Согласно п. 3.1.3. Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 [1], «основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий». Следуя этому положению, в нормативном документе МУ 2.6.1.2118-06 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений» [2] предусмотрено, что результат оценки эквивалентной дозы должен содержать информацию только о дозе техногенного излучения, то есть из дозы, зарегистрированной дозиметром, необходимо вычесть дозу, обусловленную природным излучением. С этой целью организации, использующей ИИИ, кроме индивидуальных дозиметров, выдаются дозиметры, предназначенные для регистрации природного фона, которые следует размещать в том же здании, где используются ИИИ, но на максимальном от них расстоянии. Теоретически все кажется вполне корректным, но на практике организации, осуществляющие радиационный контроль, сталкиваются со значительными трудностями при вычитании природного фона из показаний индивидуальных дозиметров [3, 4]. Это связано с тем, что в большинстве случаев дозы техногенного

облучения не превосходят половины от доз, обусловленных природным фоном. Понятно, что при вычитании двух малых и близких по величине значений погрешность может достигать сотен процентов и результат оказывается неопределенным. Кроме того, приблизительно в 70% случаев показания фоновых дозиметров оказываются выше, чем индивидуальных, и результат вычитания вообще становится отрицательным. Мы попытались проанализировать причины такого положения. Одной из предполагаемых причин, на наш взгляд, может быть частичное экранирование природного излучения телом человека, носящего дозиметр, по сравнению с фоновым дозиметром, ничем не экранируемым. С целью определения степени экранирования природного излучения телом человека нами был поставлен эксперимент. Использовались три группы дозиметров по 12 штук. Две из них были размещены по периметру на половине высоты фантомов, имитирующих торс человека, а третья свободно размещалась в том же помещении. Расстояние между группами дозиметров превосходило 2 м. Один из фантомов (пластиковая канистра объемом 35 л) был заполнен чистой водой, а другой – водой с растворенной в ней солью KCl, содержащей природный радионуклид ^{40}K , из расчета 2 г калия на 1 кг (л), что соответствует средней концентрации калия в организме человека. Все дозиметры экспонировались в течение 3 месяцев, а затем были измерены. Результаты измерений приведены в таблице. Там же даны средние значения доз H_{cp} (за вычетом собственного фона детекторов Нф), зарегистрированных дозиметрами, размещенными на фантомах и на рабочем столе, а также коэффициенты экранирования. Из таблицы видно, что фантом с чистой водой экранирует природное излучение на 19%, а среднее значение доз, зарегистрированных дозиметрами, размещенными на фантоме с раствором KCl и находившимися на столе, практически совпадают. Таким образом, экранирование природного излучения телом человека не может рассматриваться как основная причина превышения показаний фоновых дозиметров над показаниями индивидуальных.

Таблица

Результаты измерения природного фона

Дозиметры на столе, нКл	Фантом с водой, нКл	Фантом с раствором KCl, нКл
2,392	2,353	2,276
2,655	2,005	2,695
2,644	2,226	2,502
2,690	2,014	2,628
2,532	2,402	2,453
2,695	2,290	2,475
2,678	2,133	2,449
2,630	2,277	2,461
2,306	2,032	2,672
2,668	2,377	2,419
2,541	2,051	2,626
2,287		2,815
$H_{\text{cp}}=2,560$	$H_{\text{cp}}=2,196$	$H_{\text{cp}}=2,539$
$H_{\text{cp}}-H_{\text{ф}}=1,920$	$H_{\text{cp}}-H_{\text{ф}}=1,556$	$H_{\text{cp}}-H_{\text{ф}}=1,899$
$\sigma=0,022$	$\sigma=0,048$	$\sigma=0,045$
	$K_{\text{экp}}=0,81$	$K_{\text{экp}}=0,99$

Основная причина, на наш взгляд, заключается в том, что лица, ответственные за радиационный контроль в организациях, использующих ИИИ, размещают фоновые дозиметры в помещениях, где они в большей или меньшей степени подвергаются воздействию техногенного источника. Изменить это положение, несмотря на постоянные напоминания, не удастся. Оценить вклад фоновой дозы, основываясь на значениях мощности дозы, измеренных дозиметрическими приборами, также весьма сложно. Это связано с тем, что результат измерения, кроме мощности дозы природного излучения, содержит и собственный фон прибора. Величина этого собственного фона варьирует для различных приборов от 0,02 мкЗв/ч до 0,08 мкЗв/ч, причем в технической документации на приборы этот параметр не указывается, а для определения собственного фона каждого прибора требуется проведение специальных исследований. Таким образом, результат измерения мощности дозы всегда оказывается завышенным по отношению к природному фону на неопределенную величину. В сложившейся ситуации организации, осуществляющие радиационный контроль, либо вообще не выдают фоновые дозиметры и в протоколы записывают измеренные дозы (включая природный фон), либо вычитают фон, измеренный в своей организации, либо выдают фоновый дозиметр, но его показания не вычитают из показаний индивидуальных дозиметров, а записывают в протокол отдельной строкой. Такое положение приводит к значительным различиям результатов, представляемых в формах Федерального государственного статистического наблюдения ДОЗ-1 Единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД), что существенно осложняет их анализ [5]. При подготовке новой редакции Методических указаний МУ 2.6.1.3015-12 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций» [6] нами было предложено фоновые дозиметры выдавать, но из показаний индивидуальных дозиметров фон не вычитать, а показания фоновых дозиметров записывать в протокол отдельной строкой. Такой подход, по нашему мнению, вполне оправдан, поскольку индивидуальные дозы, сравнимые с природным фоном, с точки зрения радиационной защиты не имеют существенного значения, а при дозах, превышающих 1 мЗв, вклад природного фона укладывается в погрешность измерений. В результате в формы ДОЗ-1 будет поступать достоверная и унифицированная информация.

Для обеспечения требования п. 3.1.3. НРБ-99/2009 при подготовке радиационно-гигиенического паспорта региона из среднего по региону значения эффективной дозы было бы логично вычитать среднее по региону значение дозы, зарегистрированной фоновыми дозиметрами. При усреднении следует, на наш взгляд, принимать во внимание только показания тех фоновых дозиметров, которых не превосходят минимальные показания индивидуальных дозиметров в контролируемой организации.

2.2. Особенности ИДК женщин в возрасте до 45 лет

Пункт 3.1.8. НРБ-99/2009 устанавливает дополнительное ограничение облучения женщин в возрасте до 45 лет. Предусмотрено, что эквивалентная доза в нижней части живота не должна превышать 1 мЗв в месяц. Это ограничение введено для снижения возможного негативного влияния излучения на плод в случае невыявленной

беременности. В прежней редакции МУ это положение трактуется буквально, т.е. период контроля (ношения дозиметров, размещаемых в нижней части живота) установлен равным одному месяцу. На практике это приводит к неоправданному количеству измерений, что усложняет работу организаций, использующих ИИИ. Более того, как показал опыт проведения индивидуального дозиметрического контроля, осуществляемого лабораторией радиационного контроля НИИРГ, в подавляющем большинстве случаев накопленные за месяц дозы (включая природный фон) не превосходят 0,05 мЗв и оказываются ниже предела чувствительности большинства ТЛД-приборов.

По нашему мнению, требования п. 3.1.8. НРБ-99/2009 должны обеспечиваться администрацией организации, использующей ИИИ, путем создания соответствующих условий труда. Женщины в возрасте до 45 лет не должны занимать рабочие места, аттестованные по классу вредности выше, чем 3.1. [7]. При соблюдении этого условия месячная потенциальная (максимально возможная) доза не может превысить 0,9 мЗв. Тем не менее, новая редакция МУ предусматривает необходимость ношения женщиной в возрасте до 45 лет дозиметра, размещенного в нижней части живота, но период контроля устанавливается равным 1 кварталу, так же, как и основного дозиметра. Однако при выявлении беременности и принятии женщиной решения о ее сохранении период контроля прерывается, дозиметры направляются на измерения, а женщина переводится на работу, не связанную с ИИИ. При этом доза на плод, обусловленная возможными нештатными ситуациями за время невыявленной беременности, всегда может быть определена.

2.3. Особенности ИДК персонала ускорителей электронов

В настоящее время получают распространение ускорители электронов, генерирующих тормозное излучение с максимальной энергией 2,5–23 МэВ. Эти ускорители используются в медицине (лучевая терапия) и в досмотровой технике таможенных органов. Вместе с тем, действие МУ 2.6.1. 21 18-06 на этот вид ИИИ не распространялось, а верхняя граница энергетического диапазона средств измерения ИДК, согласно технической документации, равна

3,0 МэВ. Для обеспечения возможности проведения ИДК персонала ускорителей электронов нами были проанализированы материалы, посвященные влиянию энергии фотонного излучения и геометрии облучения тела человека на величину эффективной дозы [8, 9]. В этих документах, в частности, рассматривается соотношение между эффективной дозой и $H_p(10)$ при облучении человека в широком диапазоне энергий в нескольких стандартных вариантах геометрии облучения: передне-задняя (AP), задне-передняя (PA) и изотропная (ISO).

На рисунке 5 из работы [9] приведены эти соотношения. Из графиков видно, что соотношения меняются в широких пределах в зависимости от геометрии облучения и энергии фотонов, но всегда остаются меньше единицы. Следовательно, оценка эффективной дозы по результатам измерения индивидуального эквивалента дозы носит консервативный характер, т.е. имеется некоторый коэффициент запаса, который сохраняется и при высоких энергиях. Это позволило нам распространить действие новых МУ и на ускорители электронов.

Для придания официального статуса измерениям индивидуальных доз персонала ускорителей методом ТЛД нами совместно со Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологии им. Д.И. Менделеева (ВНИИМ) было произведено сравнение доз, зарегистрированных дозиметрами ДТУ-1 с детекторами ДТГ-4, с показаниями клинического дозиметра Unidos с детектором в виде ионизационной камеры диаметром 6,0 мм, имеющего основную погрешность 3% и рассчитанного на измерение фотонного излучения с энергией до 20 МэВ. Все измерения производились в прямом пучке тормозного излучения ускорителей. Максимальные энергии составляли 6,0, 10 и 18 МэВ. Во всех случаях использовался тканеэквивалентный фантом прямоугольной формы с размерами 30×30 см и толщиной 20 см. Результаты измерений ТЛД-методом отличались от результатов измерений дозиметром Unidos не более чем на 10%. Выполненное исследование дало основание сотрудникам ВНИИМ признать возможным проведение ИДК ТЛД-методом в диапазоне энергий фотонного излучения 0,03–18 МэВ и выдать соответствующие свидетельства о проверке.

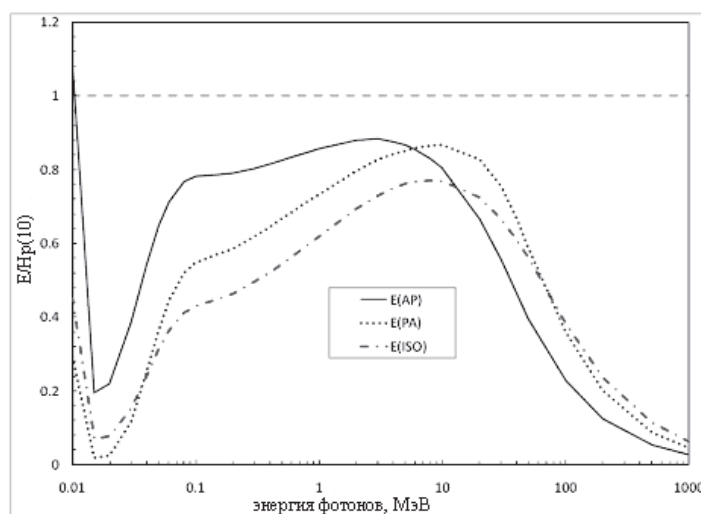


Рис. 5. Зависимость отношения эффективной дозы к $H_p(10)$

Выводы

1. Для обеспечения требуемой точности измерений индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ ТЛД-методом необходима выбраковка детекторов, чувствительность которых выходит за пределы выбранного диапазона. Выбраковку детекторов из используемой партии следует производить не реже одного раза в год, а также в процессе проведения измерений.

2. С целью исключения неопределенностей при оценках $H_p(10)$ и унификации данных, направляемых в учетные формы 1-ДОЗ, при оформлении протоколов измерений $H_p(10)$ организацией, осуществляющей радиационный контроль, значения $H_p(10)$ заносить без вычитания природного фона, а показание «фоновое» дозиметра указывать в протоколе отдельной строкой.

3. Период ношения дозиметра, размещаемого в нижней части живота, женщинами в возрасте до 45 лет может составлять 1 квартал, а при выявлении беременности и принятии женщиной решения о ее сохранении контроль прерывается, дозиметры направляются на измерения, а женщина переводится на работу, не связанную с ИИИ.

4. ИДК персонала, работающего с ускорителями электронов, может осуществляться ТЛД-методом, если диапазон энергий фотонов, указанный в свидетельстве о поверке средств измерений, захватывает верхнюю границу энергий фотонов, излучаемых ускорителем.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы (СанПиН 2.6.1.2523-09): утв. и введены в действие от 07.07.09г. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с..
2. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений : методические указания МУ 2.6.1.2118-06. – М.: Минздрав России, 2006.
3. Григорьев, А.И. Проблемы вычитания фона при индивидуальном дозиметрическом контроле и радиационном контроле на открытой местности / А.И. Григорьев, Л.В. Панкратов // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 4, – С. 42–48.
4. Кайдановский, Г.Н. Актуальные вопросы методического обеспечения индивидуального дозиметрического контроля персонала / Г.Н. Кайдановский // Радиационный контроль. Радиохимические методы исследования : сб. тезисов научно-практической конференции. – СПб, 2010. – С. 56–59.
5. Медведев, А.Ю. Сравнительная оценка доз облучения персонала в России и за рубежом / А.Ю. Медведев // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 45–51.
6. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций. Методические указания МУ 2.6.1.3015-2 утв. и введены в действие 18.04.2012.
7. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». утв. и введено в действие 01.1.2005.
8. ICRP, 1996. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRP Publication 74.
9. ICRP, 2010. Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures. ICRP Publication 116.

G.N. Kaydanovskiy¹, E.N. Pirogova²

Ways to increase accuracy and reliability of individual doses assessments in personnel within thermoluminescence technique

¹ Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev», Saint-Petersburg

² State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Polytechnical University», Saint-Petersburg

Abstract. The paper analyses the main sources of measurement errors of individual doses in personnel performed within the thermoluminescence technique and gives recommendations to minimize these errors. The reasons that reduce reliability of effective dose assessments derived from measured values of personal dose equivalent are imperfections of guidance documents. Changes to the Guidelines «Organization and implementation of individual dosimetric control. Staff of health institutions» are justified.

Key words: thermoluminescent method, individual dosimetric control, measurement accuracy, individual dose equivalent, effective dose.

Поступила: 05.05.2012 г.

Г.Н. Кайдановский
Тел.: (812)233-48-43
E-mail:kgn@inbox.ru