

Результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала медицинских организаций

Е.Н. Шлеенкова

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

В работе дана сравнительная оценка уровней профессионального облучения персонала медицинских организаций г. Санкт-Петербурга. Проведен анализ 891 результата измерений индивидуальных доз за 5 лет работы (2009–2013 гг.). Сопоставление средних индивидуальных годовых эффективных доз выполнено для 4 групп медицинских работников: рентгенолаборант, врач-рентгенолог, рентгенологи стоматологических клиник и участники рентгенохирургических бригад (хирурги, анестезиологи и операционные медсестры), работающие в непосредственной близости от источника излучения. Показано, что среднее значение годовой эффективной дозы для первых трех групп медицинских работников составляет около 0,5 мЗв. Для участников рентгенохирургических бригад аналогичное значение составляет 1,6 мЗв. За период 2009–2013 гг. индивидуальные годовые эффективные дозы облучения персонала не превысили основные пределы доз, установленные НРБ99/2009. Также рассмотрены вопросы точности оценки эффективной дозы по результатам измерения индивидуального эквивалента дозы.

Ключевые слова: персонал, медицинская организация, индивидуальный дозиметрический контроль, термолуминесцентный метод, индивидуальный эквивалент дозы, эффективная доза.

Введение

Расширение использования источников ионизирующего излучения (ИИИ) в медицине и других областях деятельности приводит к тому, что все большее число людей подвергается воздействию техногенных источников ионизирующего излучения. Так, численность персонала групп А и Б в г. Санкт-Петербурге в 2009 г. составляла 4843 человека, в 2010 г. – 5709 человека, в 2011 г. – 6132 человека, в 2012 г. – 6715 человек, в 2013 г. достигла 7740 человек [1]. Для обеспечения безопасных условий работы персонала и выработки направлений дальнейшего совершенствования радиационной безопасности необходимо знать закономерности формирования индивидуальных доз (ИД) как на региональном уровне, так и в масштабах страны [2]. Для решения вопросов обеспечения радиационной безопасности персонала, работающего с ИИИ, в соответствии с законом «О радиационной безопасности населения» [3] и положением [4], была создана Единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). В рамках этой системы созданы федеральные банки данных по дозам облучения персонала предприятий, подконтрольных Роспотребнадзору и ФМБА. Информация в эти банки данных поступает в виде формы федерального государственного статистического наблюдения №1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения» (ФБД ДОП). Система позволяет на объектовом, региональном и федеральном уровнях регистрировать и анализировать данные о дозах облучения персонала в зависимости от пола, возраста и профессии в динамике за время наблюдения [5]. Однако виды работ, выполняемых персоналом в ФБД ДОП, не конкретизируются. Так, например, все врачи отнесены к категории «врач-специалист».

Контроль профессионального облучения является одной из основных задач системы обеспечения радиационной безопасности персонала. Целью контроля, с точки зрения радиационной защиты, является проверка соответствия условий труда требованиям норм [6] и правил [7] и подтверждения того, что радиационная безопасность персонала обеспечена должным образом, а техногенный источник находится под контролем [8]. Другой, не менее важной целью контроля является осуществление мониторинга доз облучения персонала. Мониторинг основан на максимально точном учете доз, величины которых лежат (как правило) на уровне, значительно более низком, чем установленные пределы. Мониторинг необходим для выявления тенденций в уровнях облучения различных профессиональных групп персонала, перспективного планирования мероприятий по ограничению радиационного воздействия на персонал, а создаваемые в рамках программ мониторинга базы данных могут являться основой для проведения эпидемиологических исследований и оценок радиационного риска.

В целях радиационной защиты необходимо оценивать значение индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения персонала (Е) и индивидуальных эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей [6]. Поскольку нормируемые величины не являются непосредственно измеримыми, используются операционные величины, однозначно определяемые через физические характеристики поля излучения [8]. Результаты измерений операционных величин принимаются в качестве разумно консервативной оценки соответствующих нормируемых величин.

Операционной величиной для ИДК внешнего излучения является индивидуальный эквивалент дозы, $H_p(d)$ [8]. Значение параметра d , мм, определяющего требования к индивидуальному дозиметру внешнего излучения, а

также расположение дозиметра на теле работника определяются тем, для определения какой нормируемой величины используется ее эквивалент. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при проведении ИДК дано в [8].

Цель исследования – дифференцированная оценка уровней облучения различных групп персонала медицинских организаций г. Санкт-Петербурга; оценка эффективных доз по результатам измерения $H_p(10)$ с учетом зависимостей чувствительности ТЛ-дозиметров и «коэффициента запаса» от энергии фотонного излучения.

Материалы и методы

В работе представлен анализ результатов мониторинга величин индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$, полученных методом термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД), для различных групп медицинского персонала, работающих с ИИИ.

В качестве исходных материалов при проведении настоящего исследования использованы результаты (базы данных) мониторинга годовых индивидуальных доз облучения персонала, работающего с ИИИ в медицинских организациях г. Санкт-Петербурга. Измерения индивидуальных доз (значений доз, зарегистрированных индивидуальным дозиметром) проводились методом термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД) в соответствии с методикой измерения индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения $H_p(d)$ [9]. Для унификации данных показания фоновых дозиметров вычтены. В качестве средств измерения использовали дозиметры DTU-1 с детекторами ДТГ-4 (LiF), а в качестве считывателя – термолюминесцентную дозиметрическую установку Harshaw-2000 (США).

ИДК предусматривает отжиг (для снятия остаточной информации с детекторов), экспозицию дозиметров в полях ИИИ, считывание светосуммы (пропорциональной накопленной дозе) с помощью ТЛД-считывателя и вычитание из полученного результата собственного фона детектора. Для определения калибровочного коэффициента все детекторы предварительно облучают в стандартном поле излучения радионуклидных источников цезий-137 или кобальт-60 одной и той же дозой в пределах от 1 до 10 мЗв. Затем происходит сортировка рабочей группы детекторов по чувствительности (в рассматриваемом случае $(K = 0,12 \text{ мЗв/нКл}) \pm 10\%$).

Группы медицинского персонала мы выбирали в соответствии с условиями труда:

- 1-я группа: рентгенолаборанты – работают за защитой и, соответственно, получают небольшие дозовые нагрузки;
- 2-я группа: рентгенологи стоматологических клиник – работают с низкодозной аппаратурой, поэтому у них также мала вероятность переоблучения;
- 3-я группа: врачи-рентгенологи, в круг обязанностей которых может входить проведение рентгеноскопических исследований, соответственно, есть вероятность получить повышенные дозы;
- 4-я группа: участники рентгенохирургических бригад (хирурги, анестезиологи, операционные медсестры) – проводят операции под контролем рентгеновского излучения, поэтому они могут получить значительно большие дозы, чем все остальные категории персонала.

Использованная в данной работе информация получена лабораторией радиационного контроля ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены» за 5 лет работы (2009–2013 гг.). Был проведен дисперсионный анализ массива из 891 результата измерений индивидуальных доз.

Результаты и обсуждение

Предварительный анализ результатов измерений

$H_p(10)$ для различных профессиональных групп медицинского персонала

Как указано выше, в ФБД ДОП все врачи отнесены к категории «врач-специалист» без уточнения вида их деятельности, хотя можно предположить, что специалисты 3-й группы получают меньшие дозы, чем специалисты 4-й группы. Для предварительной оценки различий в уровнях радиационного воздействия на персонал, выполняющий различные процедуры, мы воспользовались данными, полученными нами при проведении ИДК. Было проведено сравнение частотных распределений эффективных доз, полученных персоналом четырех профессиональных групп: группа 1 (рис. 1); группа 2 (рис. 2); группа 3 (рис. 3); группа 4 (рис. 4);

Получившиеся распределения аппроксимированы логнормальными распределениями, согласно критерию χ^2 с вероятностью $p > 0,05$.

Для того чтобы установить, значимо ли отличаются выделенные профессиональные группы по средней индивидуальной дозе, нами был проведен однофакторный дисперсионный анализ.

В результате применения дисперсионного анализа было установлено, что вероятность ошибки $p \ll 0,05$. Полученный результат можно интерпретировать так: вероятность нулевой гипотезы, согласно которой средняя доза за 5 лет одинакова для всех типов профессий, а зарегистрированная разница связана со случайностью при формировании выборок, составляет менее 1%. Это означает, что мы должны выбрать альтернативную гипотезу, заключающуюся в том, что средняя индивидуальная доза за 5 лет работы для различных профессиональных групп отличается.

Поскольку дисперсионный анализ позволяет проверить лишь гипотезу о наличии различий между сравниваемыми группами в целом, с его помощью невозможно узнать, какие именно выборки различаются между собой. Для выяснения этого был использован метод множественных сравнений Шеффе (Scheffe test). После применения метода стало очевидно, что в сравнении с 1-й, 2-й и 3-й группой статистически значимая разница существует для 4-й группы ($p \ll 0,05$), тогда как различия в средней дозе за 5 лет для 1-й, 2-й и 3-й групп статистически значимо не отличаются, $p > 0,05$.

Отсутствие статистически значимых различий в средних дозах между группами 1, 2 и 3 (рентгенолаборантов, врачей-рентгенологов, рентгенологов стоматологических клиник), несмотря на разные должностные обязанности, скорее всего, свидетельствует о том, что условия облучения их схожи. Таким образом, в будущем при анализе годовых эффективных доз данных специалистов можно объединить в одну группу.

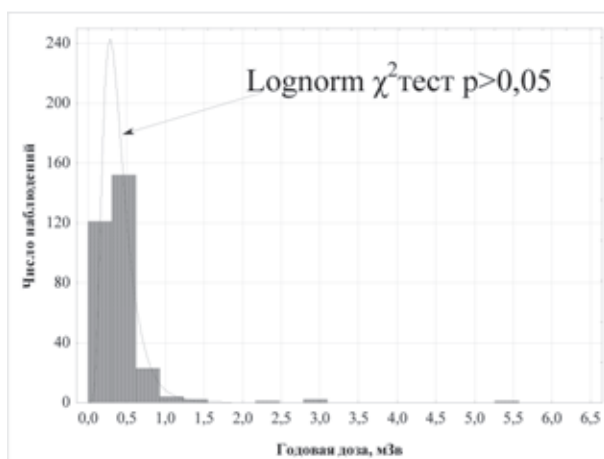


Рис. 1. Частотное распределение годовых значений $H_p(10)$ за 5 лет для рентгенолаборантов ($H_p(10)$ ср.=0,42мЗв; max=5,49мЗв; min=0,10мЗв; медиана = 0,33мЗв; N=306)

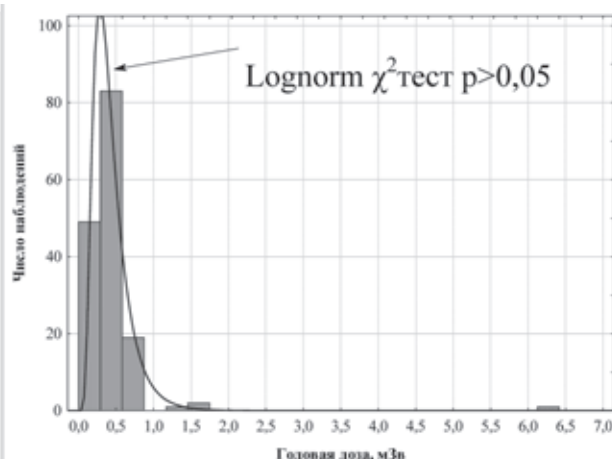


Рис. 2. Частотное распределение годовых значений $H_p(10)$ за 5 лет для рентгенологов стоматологических клиник ($H_p(10)$ ср.=0,45мЗв; max=6,36мЗв; min=0,11мЗв; медиана = 0,39мЗв; N=155)

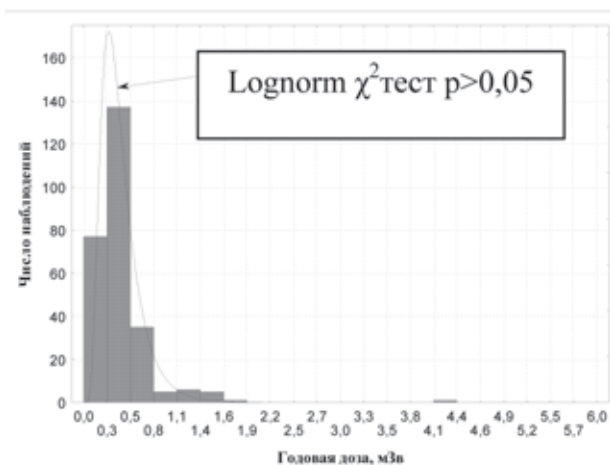


Рис. 3. Частотное распределение годовых значений $H_p(10)$ за 5 лет для врачей-рентгенологов ($H_p(10)$ ср.=0,44мЗв; max=4,19мЗв; min=0,13мЗв; медиана = 0,37мЗв; N=267)

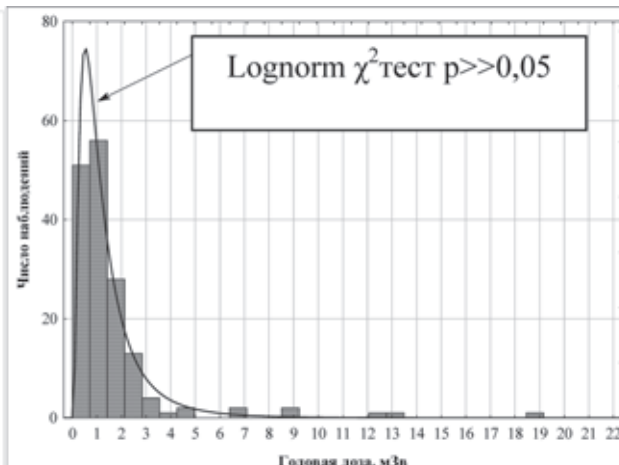


Рис. 4. Частотное распределение годовых значений $H_p(10)$ за 5 лет для хирургов, анестезиологов, операционных медсестер ($H_p(10)$ ср.=1,61мЗв; max=18,62мЗв; min=0,16мЗв; медиана = 0,93мЗв; N=162)

На основании приведенных распределений (см. рис. 1–4) было установлено, что дозы профессионального облучения у специалистов, работающих под контролем рентгеновского излучения, в разы больше (в 3–5 раз) (см. рис. 4).

Результаты исследования показывают, что подавляющее большинство сотрудников из числа персонала группы А получают дозы, в среднем не превышающие 2,2% от предела дозы (ПД) (0,44 мЗв), за исключением персонала рентгенохирургических бригад (группа 4), для которого эта величина составляет 8% от ПД (1,61 мЗв, см. рис. 4). При этом максимальные индивидуальные дозы приближаются к ПД для персонала группы А и в ряде случаев превосходят ПД для персонала группы Б. Следует отметить, что в соответствии с требованиями п. 6.9. СанПин 2.6.1.1192-03 специалисты 4-й группы (хирурги, анестезиологи, операционные медсестры) отнесены к персоналу группы Б, поэтому не должны подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год.

Для медицинского персонала, находящегося за пределами защиты источника (комната управления, фотолаборатория, смежные помещения), облучение тела достаточно равномерно, и одного индивидуального дозиметра, расположенного на поверхности тела (например, в нагрудном кармане халата), достаточно, чтобы по его показаниям с помощью соответствующего взвешивающего коэффициента перехода оценить значение эффективной дозы.

Другая категория медицинского персонала, работающая в процедурном помещении, а также медперсонал, проводящий специальные рентгенологические исследования, по роду своей деятельности должны находиться рядом с пациентом, то есть в непосредственной близости к источнику рентгеновского излучения. Облучение тела для этой категории персонала резко неравномерно. Согласно данным фантомных и натурных измерений, на передней поверхности тела у этих работников имеет

место более чем 10-кратный перепад дозы, а градиент дозы в теле значительно больше. Характер распределения поверхностной и глубинной дозы также зависит от дополнительного экранирования тела защитным фартуком. В этом случае для корректной оценки индивидуальной дозы необходимо использовать два или более дозиметров, размещаемых на поверхности тела работника [8].

Зависимость отношения эффективной дозы к $H_p(10)$ от энергии фотонного излучения и геометрии облучения. Степень консервативности

Изучению соотношения между величиной $H_p(10)$, полученной инструментальными методами, и эффективной дозой посвящен один из разделов доклада Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и Международной комиссии по радиационным единицам (МКРЕ) [10]. В докладе, в частности, приводится зависимость от энергии отношения эффективной дозы (E) к индивидуальному эквиваленту дозы $H_p(10)$ для моноэнергетических фотонов (рис. 5).

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. Степень консервативности определяется как спектральным распределением действующего фотонного излучения, так и зависимостью от энергии чувствительности детектора.

Экспериментальные исследования показали, что чувствительность дозиметров DTU-01 с детекторами ДТГ-4 остается неизменной в широком диапазоне энергий, но при энергиях ниже 60 кэВ наблюдается повышение чувствительности с уменьшением энергии. С другой стороны, соотношение $E/H_p(10)$ уменьшается при энергиях ниже 60 кэВ и достигает минимального значения – 0,2 при энергии 20,0 кэВ. Таким образом, величина $H_p(10)$, измеренная ТЛ-дозиметром, может оказаться завышенной по отноше-

нию к эффективной дозе в несколько раз (в интервале энергий 20–100 кэВ завышение в среднем в 2 раза, в интервале 100–150 кэВ завышение в среднем на 20%), что требует, на наш взгляд, введения соответствующих корректирующих коэффициентов. Что касается фотонов с энергией ниже 20 кэВ, то в этом случае наиболее облучаемыми органами становятся кожа и хрусталик глаза, что требует проведения дозиметрического контроля облучения именно этих органов.

Определение эффективных доз с поправками на степень консервативности (коэффициент запаса) не требуется при проведении обычного радиационного контроля, но в определенных ситуациях введение таких поправок необходимо: во-первых, более точное знание эффективных доз можно считать весьма полезным при мониторинге и создании соответствующих баз данных; во-вторых, для расследования инцидентов, при которых измеренные значения $H_p(10)$ близки или превосходят ПД. В этих случаях более точное знание величины эффективной дозы необходимо для принятия адекватных мер по преодолению последствий инцидента.

При штатном мониторинге значения операционных величин принимаются в виде разумно консервативной оценки эффективной дозы, особенно если они лежат ниже пределов дозы. Однако при этом требуется, чтобы место ношения индивидуального дозиметра на теле было представительно для условий облучения. При положении индивидуального дозиметра на передней части туловища величина $H_p(10)$ почти всегда дает консервативную оценку E даже в случаях латерального (бокового) или изотропного падения излучения на поверхность тела. Однако в случае облучения со стороны спины дозиметр, который расположен спереди и корректно измеряет $H_p(10)$, не даст правильной оценки E . Показание индивидуального дозиметра может быть нерепрезентативным для оценки эффективной дозы и в случае облучения части тела.

Следует отметить, что дополнительные неопределенности результатов ИДК вызваны причинами субъективного характера.

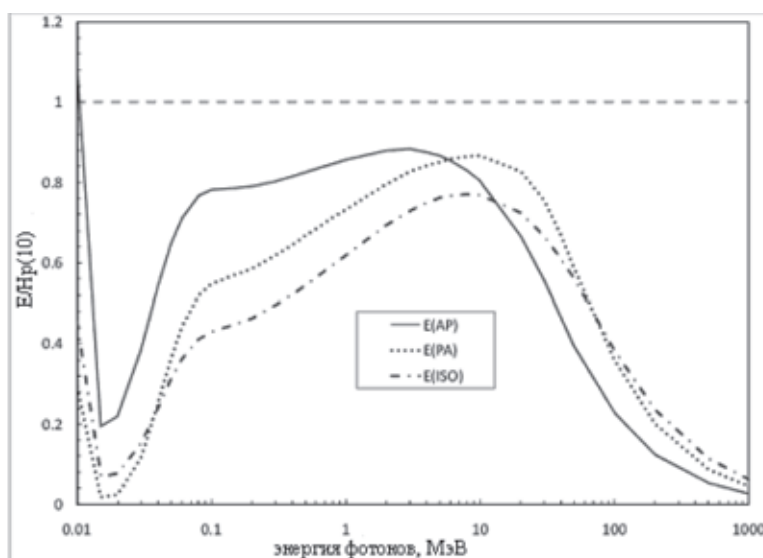


Рис. 5. Зависимость отношения эффективной дозы к $H_p(10)$

Во-первых, отдельные лица иногда забывают индивидуальные дозиметры в процедурных кабинетах, что приводит к значительному завышению дозы.

Во-вторых, убедившись в течение нескольких лет, что полученные дозы тревоги не вызывают, отдельные контролируемые лица перестают носить дозиметры. В таких случаях вместо индивидуальной дозы измеряется фон в рабочих помещениях.

Сложившуюся ситуацию необходимо менять путем проведения разъяснительной работы, а также дисциплинарных мер воздействия.

Заключение

Базы данных ФБД ДОП не позволяют детализировать параметры распределений индивидуальных доз отдельных профессий внутри целой профессиональной группы, в частности, медицинского персонала. В работе показано, что средние индивидуальные годовые дозы облучения хирургов, анестезиологов, операционных медсестер, работающих в непосредственной близости к источнику рентгеновского излучения, превосходят дозы облучения медицинского персонала других профессий в 3–5 раз. Таким образом, участники рентгенохирургических бригад являются самой облучаемой категорией медицинского персонала. Однако они относятся к персоналу группы Б и не должны подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год, т.е. существует реальная возможность превышения установленного ПД. Таким образом, было бы разумно отнести их к персоналу группы А и ввести обязательный дозиметрический контроль.

При расследовании инцидентов для принятия адекватных решений требуется более точная информация о величинах эффективных доз. В этих случаях измеренные величины $H_p(10)$ должны быть откорректированы с учетом коэффициента «запаса», зависящего от энергетического спектра фотонного излучения и геометрии облучения. Уточненное знание эффективных доз весьма желательно также при формировании баз данных радиационного мониторинга.

Литература

1. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) по данным за 2010–2013 гг. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.
2. Радиационная гигиена, ЕСКИД и радиационно-гигиеническая паспортизация: итоги функционирования единой системы контроля индивидуальных доз за 2008г. – Т. 2, № 4. – С. 46–67.
3. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.1996 г. «О радиационной безопасности населения» (с изменениями от 22 августа 2004 г., 23 июля 2008 г., 18 июля 2011 г., 19 июля 2011 г.): принят Государственной Думой 5 декабря 1995 г. – Ст. 18. Контроль и учет индивидуальных доз облучения.
4. Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан : утв. Приказом минздрава РФ от 31 июля 2000 г. № 298
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. 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.
7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: (ОСПОРБ-99): 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность (СП 2.6.1.799-99): утв. и введены в действие от 27 декабря 1999 г. взамен ОСП-72/87. – М.: Минздрав России, 2000. – 98 с.
8. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений. Методические указания (МУ 2.6.1.3015-12). – М.: Минздрав России, 2012.
9. Методика выполнения измерений индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения. – СПб.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2007.
10. ICRP. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116 -2010 – Ann. ICRP 40(2–5).
11. Кайдановский, Г.Н. Пути повышения точности оценки индивидуальных доз персонала при применении термолюминесцентного метода / Г.Н. Кайдановский, Е.Н. Пирогова (Шлеенкова) // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 41–47.

E.N. Shleenkova

The results of individual dose control of health institutions staff

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Saint-Petersburg, Russia

The work provides comparative assessment of the levels of occupational exposure of Saint-Petersburg health institutions staff. The analysis was carried out of the 891 individual doses measurement results which have being obtained during 5 years investigations (2009–2013). The comparing of the average annual effective doses was carried out for 4 groups of medical specialists: x-ray laboratory assistant, radiotherapist, radiographer of dental clinics and X-ray surgery staff (surgeons, anesthesiologists and surgical nurses) who are working close to irradiation source). It is shown that the annual effective dose average value is about 0.5 mSv for the first three groups of medical specialists. The same value for X-ray surgery staff is 1.6 mSv. Individual annual exposure doses have not exceeded the main dose limits required by Radiation Safety Standard 99/2009. The issues are considered of the estimation exactness of the effective dose basing on the results of individual dose equivalent measurement.

Key words: staff, health institution, individual dose control, thermo-luminescence method, individual dose equivalent, effective dose.

Е.Н. Шлеенкова
Тел.: (8-812) 233-42-83

Поступила: 05.08.2014 г.