

О возможности сравнения среднегодовых эффективных доз облучения медицинского персонала России и некоторых зарубежных стран

С.Ю. Бажин, Е.Н. Шлеенкова, Г.Н. Кайдановский, В.А. Ильин

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Выполнен анализ опубликованных данных о среднегодовых эффективных дозах облучения персонала России, Германии, Швейцарии, Франции и Канады в динамике за 2013–2017 гг. Установлено, что в рассматриваемых странах имеются существенные различия в обработке первичной измерительной информации, расчете на ее основе индивидуальных эффективных доз, а также способов усреднения полученных данных и их представления. Рассмотрены факторы, которые могут приводить к разной интерпретации результатов: учет фоновых доз, обусловленных природным излучением; использование при обработке результатов различных (в разных странах) величин минимального уровня регистрации; усреднение доз при отсутствии периодов деятельности (утрача дозиметра/отпуск) и при регистрации непредвиденно высоких доз. Указанные различия существуют и между данными зарубежных стран, но особенно отличаются данные, представленные Единой государственной системой контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан России. Показано, что данные о средних годовых эффективных дозах облучения персонала, представленные в федеральной базе данных по индивидуальным дозам облучения персонала в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан России, в 3–4 раза выше, чем в зарубежных странах. Показано, что такое различие обусловлено не фактически высокими дозами, а способом обработки первичной информации и усреднения данных при обобщении. Следует отметить, что такие различия имеют место только для чрезвычайно малых доз техногенного облучения персонала и не приводят к существенному влиянию на общую оценку состояния радиационной безопасности в стране, но при сравнении с другими странами необходимо понимать причины таких расхождений. Цель настоящей работы состояла в выявлении причин данных расхождений и выработке способа обработки первичной измерительной информации и усреднения данных при обобщении результатов, позволяющего их существенно уменьшить. Такой способ должен обеспечить получение наиболее близких к условно истинным величинам эффективных доз персонала во всем диапазоне величин и может быть использован для обобщения данных, содержащихся в федеральной базе данных по индивидуальным дозам облучения персонала. Поскольку преобразование данных, содержащихся в федеральной базе данных по индивидуальным дозам облучения персонала, не входило в задачу авторов данной статьи, для достижения поставленной цели была предпринята попытка обработки и обобщения результатов измерений (всего 23 204) квартальных величин индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$, полученных в лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Такая обработка была выполнена. Последующее сравнение показало, что средние годовые эффективные дозы облучения персонала медицинских организаций Санкт-Петербурга, индивидуальный дозиметрический контроль в которых осуществлялся в лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, преобразованные по разработанному алгоритму, значительно лучше согласуются с аналогичными данными зарубежных стран.

Ключевые слова: индивидуальный дозиметрический контроль, индивидуальный эквивалент дозы, минимальный уровень регистрации, неожиданно высокие дозы, вычитание фона, ЕСКИД.

Бажин Степан Юрьевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: s.bazhin@niir.ru

Введение

Контроль доз облучения персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (ИИИ), является одним из основных инструментов обеспечения радиационной безопасности¹.

Уровни облучения персонала в России контролируются, а величины индивидуальных эффективных доз персонала вносятся в федеральную базу данных по индивидуальным дозам облучения персонала (ФБД ДОП) Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД)^{2,3}. ФБД ДОП дает возможность проводить обобщение и анализ данных о дозах облучения персонала с разделением по половому, возрастному и профессиональному признакам в динамике за годы наблюдения. Аналогичные базы данных ведутся и в зарубежных странах. Сравнение отечественных данных с зарубежными представляет интерес с точки зрения сопоставимости величин эффективных доз, вносимых в базы данных. Такое сравнение было выполнено [1] в 2010 г. по материалам, внесенным в базы данных за период с 2004 по 2008 г. В этой работе показано, что годовые эффективные дозы облучения персонала медицинских организаций России превышают аналогичные данные зарубежных стран в среднем в 1,5 раза. Это объяснялось тем, что в России в то время использовались менее совершенные, чем за рубежом, диагностическое оборудование и технологии.

Настоящее исследование охватывает период с 2013 по 2017 г. В этот период уровень диагностического оборудования и технологий, используемых в Российской Федерации, практически не отличался от развитых зарубежных стран. Поэтому при сравнении отечественных и зарубежных данных логичным является получение сопоставимых величин эффективных доз. Однако величины средних годовых эффективных доз, внесенные в ФБД ДОП, превышают аналогичные зарубежные показатели в 3–4 раза.

Такие различия имеют место только для чрезвычайно малых доз техногенного облучения персонала и не приводят к существенному влиянию на общую оценку состояния радиационной безопасности в стране, но при сравнении с другими странами необходимо понимать причины таких расхождений.

Цель исследования – выявление причин столь существенного расхождения отечественных и зарубежных данных и выработка способа обработки первичной измерительной информации и усреднения данных при обобщении результатов, позволяющего существенно их уменьшить.

Задачи исследования

1. Провести анализ причин существенных различий между величинами эффективных доз техногенного облучения персонала медицинских организаций, представленных в базах данных России и других стран.

2. Предложить способ обработки первичной измерительной информации и усреднения данных, основанный на анализе результатов индивидуального дозиметрического контроля (ИДК), проведенного лабораторией радиационного контроля (ЛРК) ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева за период с 2013 по 2017 г.

3. Предложенный способ позволит получить величины эффективных доз техногенного облучения персонала, наиболее приближенные к условно истинным во всем диапазоне величин, и существенно уменьшить их расхождение с зарубежными данными. Поскольку преобразование данных, уже содержащихся в ФБД ДОП, не входило в задачу авторов данной работы, для достижения поставленной задачи была предпринята попытка обработки и представления результатов измерений (всего 23 204 квартальных величин индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$, полученных в ЛРК ФБУН НИИРГ).

Материалы и методы

Для сравнения уровней профессионального облучения персонала группы А медицинских организаций были использованы доступные данные следующих стран: Россия, Германия, Канада, Швейцария, Франция.

Для анализа и сопоставления средних эффективных доз привлекались следующие источники информации:

- ФБД ДОП, сведения в которую поступают по форме федерального государственного статистического наблюдения № 1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений» [2–6];
- отчеты Европейской программы оценки доз профессионального облучения (ESOREX) за период 2013–2017 гг. [7];
- доклад о профессиональном облучении в Канаде за 2016–2017 гг. [8];
- собственная база данных ЛРК ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева (далее – собственная БД).

Данные, взятые из информационных сборников ЕСКИД и международных платформ учета доз, анализировались в том виде, в каком они были представлены.

Собственная БД, используемая для анализа, включает 23 204 результата измерений индивидуальных квартальных эффективных доз персонала за период 2013–2017 гг. Следует отметить, что используемые для проведения

¹ Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». [Sanitary rules and norms SP2.6.1.2612-10 “Basic sanitary rules of the provision of the radiation safety (OSPORB 99/2010)” (In Russ.)]

² Российская Федерация. Законы. Федеральный закон №3-ФЗ от 09.01.1996 «О радиационной безопасности населения» (с изменениями от 22 августа 2004 г., 23 июля 2008 г.): принят Государственной Думой 5 декабря 1995 г.: статья 18. Контроль и учет индивидуальных доз облучения. [The Russian Federation. The laws. Federal Law No. 3-ФЗ dated 01.01.1996 “On the Radiation Safety of the Population” (as amended on August 22, 2004, July 23, 2008): adopted by the State Duma on December 5, 1995: Article 18. Control and accounting of individual doses exposure (In Russ.)]

³ Положение о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан: утв. приказом Минздрава РФ от 31 июля 2000 г. № 298. [Regulation on a unified state system for monitoring and recording individual doses of radiation to citizens: approved. by order of the Ministry of Health of the Russian Federation of July 31, 2000 No. 298 (In Russ.)]

анализа результаты измерений отображены с условием занятости персонала на работах с ИИИ в течение всех четырех кварталов одного календарного года и включают в себя данные дозиметрического контроля персонала только медицинских организаций. Индивидуальные дозиметры были экспонированы в реальных условиях на рабочих местах персонала в периоды ведения ими своей профессиональной деятельности. В данном анализе мы не проводили выделение отдельных групп персонала медицинских организаций по специальностям. Измерения проводились посредством определения операционной величины – индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$. Экспонировались термолюминесцентные индивидуальные дозиметры типа DTU-01 с двумя детекторами ДТГ-4⁴ в кассете. Считывание показаний детекторов осуществлялось на термолюминесцентной дозиметрической системе Harshaw-2000 D (США). Согласно свидетельству о поверке, основная погрешность результатов измерений $H_p(10)$ составляла 20% ($P=0,95$), а дополнительная погрешность за счет энергетической чувствительности детекторов в полях рентгеновского излучения не превышала 30%. Время ношения индивидуальных дозиметров персоналом составляло 3 месяца (один квартал), все измерения по годам были выполнены в единые временные периоды: 1 квартал – апрель, 2 квартал – июль, 3 квартал – октябрь, 4 квартал – январь следующего года. Таким образом, по сумме четырех измерений было возможно получить индивидуальную годовую эффективную дозу отдельного лица, т.е. все дозы являются персонафицированными. Периоды отпусков и отсутствия на работе (отстранение от работы с ИИИ) фиксировались. Вклад природного радиационного фона в дозу облучения персонала на первом этапе обработки результатов не вычитался.

Для обеспечения в дальнейшем учета вклада природного фона в измеренные величины $H_p(10)$ дозы, обусловленные природным фоном, регистрировались во всех организациях, где проводился контроль индивидуальных доз, с помощью тех же термолюминесцентных дозиметров, располагаемых в организации удаленно от любых техногенных ИИИ.

Все значения представлены в единицах индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ – миллизивертах (мЗв).

Результаты и обсуждение

Анализ данных, взятых из информационных сборников ЕСКИД и международных платформ учета доз, выполненный для решения первой поставленной задачи, показал, что величины эффективных доз облучения работников в разных странах, внутри одной страны и даже в пределах одной отрасли существенно различаются. Чтобы сделать сравнение объективным, необходимо выяснить принципы регистрации и учета доз, принятые в различных странах. В 2000 г. в отчете [9] были выделены следующие группы различий в представлении данных о годовых эффектив-

ных дозах профессионального облучения в разных странах, которые могут привести к некоторым трудностям при сопоставлении результатов измерений, полученных из разных источников:

- 1) вычитание доз за счет природного радиационного фона;
 - 2) переход от величины индивидуального эквивалента дозы к эффективной дозе;
 - 3) метод учета доз ниже минимального уровня регистрации;
 - 4) учет доз при отсутствии периодов деятельности (утрача дозиметра/отпуск);
 - 5) методы обработки неожиданно высоких доз.
- Далее рассмотрим каждый пункт подробнее.

Вычитание доз за счет природного радиационного фона

Первичным этапом обработки результатов измерений индивидуальных эквивалентов доз является вычитание (или невычитание) дозы, обусловленной природным радиационным фоном. Если такое вычитание производится, то нужно определиться с тем, какая именно величина будет принята за вычитаемый фон. В странах, где дозы за счет фонового природного излучения в различных регионах отличаются незначительно, используется единое значение фоновой дозы [9]. В России в медицинских организациях, где проводится индивидуальный дозиметрический контроль персонала, проводятся также измерения доз, создаваемых природным радиационным фоном. Фоновые дозиметры во время экспонирования рабочих дозиметров хранятся на территории учреждения в помещении, удаленном от любых ИИИ. Результаты измерений доз от природного фона должны быть записаны в протокол измерений индивидуальных доз. До 2012 г. из измеренных значений квартальных индивидуальных эквивалентов доз вычитали величину фоновой дозы, зарегистрированной в той же организации. При малых значениях индивидуальных доз вычитание доз за счет природного радиационного фона приводило к ошибкам в сотни процентов, а в ряде случаев – и к отрицательным величинам, что вызывало большие трудности при внесении результатов в протоколы и далее в ФБД ДОП. С 2012 г., согласно МУ 2.6.1.3015-12⁵, вычитание значений фоновых доз из показаний экспонированных индивидуальных дозиметров не производится. Это обосновано тем, что дозы менее 1 мЗв в квартал не влияют на оценку состояния радиационной безопасности, а при дозах свыше 1 мЗв фоновые дозы оказываются меньше, чем погрешность измерений индивидуальных доз. Вместе с тем, при таком подходе индивидуальные дозы, внесенные в ФБД ДОП, оказались завышенными по сравнению с условно истинными на величину дозы, обусловленной природным фоном, а это затрудняет сравнение отечественных данных с зарубежными. По нашему мнению, следует автоматически вычитать среднюю по региону величину фоновой дозы $H_{\text{рф}}(10)$ из измеренного значения индивиду-

⁴ Термолюминесцентные монокристаллические детекторы ДТГ-4. Паспорт ТУ 95 2511-94. [Thermoluminescent monocrystalline detectors DTG-4. Passport TU 95 2511-94 (In Russ.)]

⁵ МУ 2.6.1.3015-12. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций. Радиационная гигиена. 2012;5(3):77-86. [Methodical guidelines 2.6.1.3015-12. "Organization and management of individual dosimetry of medical staff". Radiation Hygiene. 2012;5(3):77-86 (In Russ.)]

ального эквивалента дозы $H_p(10)$ при занесении их в региональные базы РБД ДОП. Вычитать нужно величину фона, усредненную по показаниям дозиметров, однотипных с теми, что используются для измерений индивидуального эквивалента дозы. Вычитаемое значение усредненной величины фона должно проводиться прямо пропорционально отработанному времени (квартал, полугодие, год). Применять для этих целей справочные значения доз природного фона крайне нежелательно, поскольку они получены с помощью электронных дозиметров, имеющих высокий уровень собственного фона. Так, при обработке данных описанным выше способом мы получили значение $H_{pф}(10)$ для города Санкт-Петербурга равным 0,89 мЗв в год, а данные литературы [10], обобщающие результаты многолетних измерений электронными дозиметрами, приводят значение 1,14 мЗв в год, т.е. в 1,3 раза больше.

Собственная БД была преобразована путем вычитания из измеренных величин $H_p(10)$ усредненного по Санкт-Петербургу природного фона.

Переход от величины индивидуального эквивалента дозы к эффективной дозе

Величины индивидуальных годовых эффективных доз, E , для каждого отдельного лица рассчитывались исходя из зарегистрированных значений индивидуальных эквивалентов доз $H_p(10)$ (за вычетом фона) по формулам, приведенным в МУ 2.6.1.3015-12. Периоды отпусков и отсутствия на работе (отстранение от работы с ИИИ) фиксировались. Следует отметить, что полученные по этим формулам величины, на наш взгляд, излишне консервативны, поскольку из рассмотрения зависимости от энергии отношения эффективной дозы, E , к индивидуальному эквиваленту дозы, $H_p(10)$, приведенной в публикациях [11, 12] и представленной на рисунке 1, видно, что при энергиях до 120 кэВ это отношение значительно меньше 1,0.

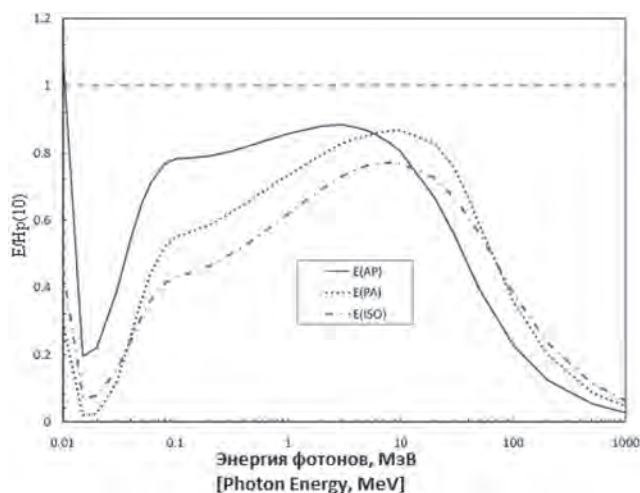


Рис. 1. Зависимость отношения эффективной дозы к $H_p(10)$ [12], где AP/PA – передне-задняя/задне-передняя геометрия облучения, ISO – изотропная геометрия облучения (равномерное облучение)

[Fig. 1. The dependence of the ratio of effective dose to $H_p(10)$ [12], where AR / RA is the anterior-posterior / posterior-anterior radiation geometry, ISO is the isotropic radiation geometry (uniform exposure)]

Применение же коэффициента $k=1,0$ делает оценку эффективных доз рентгеновского излучения с энергией до 120 кэВ излишне консервативной, но вполне обоснованной для оценки доз от гамма- и рентгеновского излучения с энергией свыше 120 кэВ.

Метод учета доз ниже минимального уровня регистрации

Минимальный уровень регистрации (МУР), принятый в международной практике, – это уровень, выше которого результат считается достаточно значительным для регистрации, а значения ниже игнорируются и записываются как ноль.

В ФБД ДОП не предусмотрено использование понятия МУР, хотя таковое может быть определено техническими характеристиками средств измерения. Согласно МУ 2.6.1.3015-12, минимально необходимый диапазон измерения величин $H_p(10)$ за период контроля (один квартал) при текущем ИДК внешнего облучения персонала составляет 0,05–500 мЗв. Таким образом, в нашем случае МУР годовой эффективной дозы (4 квартала) может быть установлен равным 0,2 мЗв. На самом деле таких случаев не наблюдалось, потому что результаты измерений включали в себя природный фон, который не вычитался. Если же произвести вычитание природного фона, то такой подход возможен и в нашем случае.

За рубежом, несмотря на наличие более чувствительных дозиметров с более низким порогом детектирования, согласно отчету [9], официально существуют МУР. Дозы со значениями ниже МУР в регистрационные записи заносятся как ноль (табл. 1). Это так называемые нулевые дозы.

Таблица 1

Пример минимального уровня регистрации (МУР) доз для разных стран

[Table 1

Example of the minimum level of registration (MLR) for different countries]

| Страна [Country] | Область деятельности [Area of activity] | МУР, мЗв [MLR, mSv] |
|-------------------------|--|---------------------|
| Германия [Germany] | Все, кроме горнодобывающих отраслей [All but mining] | 0,10 |
| Канада [Canada] | Все [All] | 0,20 |
| Швеция [Sweden] | Все [All] | 0,10 |
| Швейцария [Switzerland] | Все [All] | 0,01 |
| Франция [France] | Ядерный топливный цикл [Nuclear Fuel Cycle] | 0,20 |

Для наглядной демонстрации различий, возникающих в результате учета или неучета нулевых доз, в таблице 2 указаны значения средних годовых эффективных доз выбранных зарубежных стран в зависимости от учета МУР, взятые из открытых источников [7, 8].

Как мы видим на примере зарубежных стран, средние годовые эффективные дозы при учете нулевых доз и без такого учета отличаются в 5–10 раз. Общая численность контролируемых сотрудников в Германии, Франции и Канаде превышает численность сотрудников, имеющих

Таблица 2
Различия в значениях средних годовых эффективных доз в зависимости от учета минимального уровня регистрации
 [Table 2
Differences in average annual effective doses depending on the consideration of the minimum level of registration]

| Страна [Country] | Год [Year] | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2013 | | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | |
| | 1* | 2** | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Германия [Germany] | 1,16 | 0,26 | 1,13 | 0,26 | 1,07 | 0,26 | 1,22 | 0,27 | – | – |
| Швейцария [Switzerland] | 0,68 | 0,06 | 0,74 | 0,06 | 0,84 | 0,06 | 0,73 | 0,05 | 0,75 | 0,05 |
| Франция [France] | 1,08 | 0,28 | 0,94 | 0,24 | 0,95 | 0,26 | 0,95 | 0,26 | 1,03 | 0,26 |
| Канада [Canada] | 1,07 | 0,23 | 1,07 | 0,23 | 1,05 | 0,22 | 0,96 | 0,2 | – | – |

* – годовая доза без учета нулевых доз, мЗв;

** – годовая доза с учетом нулевых доз, мЗв.

[* – The annual dose excluding zero doses, mSv;

** – Annual dose, taking into account zero doses, mSv].

дозы выше МУР, в 3–4 раза, в Швейцарии – в 10 раз. Таким образом, средняя доза для всего персонала не отражает реальный уровень облучения, т.к. дозы большинства работников находятся ниже МУР. Но, в свою очередь, это позволяет выделить часть персонала с более высокими дозами, которые достоверно отличаются от нуля.

Неучет результатов, близких к МУР, может привести к занижению регистрируемых коллективных доз. Это происходит из-за того, что работники, получившие дозу меньше МУР, при расчете коллективной дозы вносят нулевой вклад.

В любом случае при использовании МУР важно не забывать делать записи обо всех измерениях, даже если их результаты оказались ниже МУР. Важно зарегистрировать сам факт того, что измерение было сделано. Возможно, было бы лучше поставить в регистрационных записях ноль. Однако тогда следует делать примечание, что доза была ниже МУР [13].

Учет доз при отсутствии периодов деятельности (утрача дозиметра/отпуск)

В нашем случае из собственной БД (данные за период 2013–2017 гг.) мы выделили медицинский персонал, у которого присутствовали все четыре квартальных измерения, и сравнили значения их средней годовой эффективной дозы со значениями средней годовой эффективной дозы сотрудников, отработавших 1–3 квартала. Разница в средних годовых эффективных дозах персонала, отработавшего менее четырех кварталов, и персонала, отработавшего четыре квартала полностью, составила примерно 20%. Очевидно, что отсутствие данных по персоналу с отсутствующими периодами деятельности влияет на среднее значение годовой эффективной дозы. Поэтому мы считаем, что необходимо фиксировать случаи как отсутствия на работе (отпуска, больничные, отстранения), так и случаи утери дозиметров при продолжении выполнения работы. Фиксация этих данных поможет сделать представление доз более объективным.

Методы обработки неожиданно высоких доз

Бывают случаи, когда при текущем ИДК в пределах одной организации или в последовательном ряде измерений одного сотрудника из персонала наблюдаются

дозы, существенно выходящие за границы распределения индивидуальных доз персонала этой организации или существенно выходящие за границы распределения индивидуальных доз данного сотрудника за длительный период контроля. Эти высокие дозы в практике ведения ФБД ДОП и нашей собственной БД записываются в регистрационные записи в том виде, в каком они были получены. Если эти дозы близки к пределу доз, назначаются разбирательства причин получения этих высоких доз. Часто в результате разбирательств выявляются ошибки в правилах эксплуатации сотрудниками дозиметров (самое частое – оставление дозиметра в зоне действия ИИИ), и, соответственно, фиксируется несоответствие показаний реальной дозе, но регистрационные записи, как правило, не изменяются. Таким образом, в некоторых случаях в России в регистрационные записи заносятся дозы, существенно превышающие фактические дозы персонала, т.е. происходит завышение реальных данных. Нужно помнить, что также не менее часто имеет место и занижение индивидуальных доз в результате того, что сотрудники не носят индивидуальные дозиметры.

Сравнение данных

В России действует правило не вычитать дозы за счет природного радиационного фона из показаний индивидуальных дозиметров при индивидуальном дозиметрическом контроле персонала медицинских организаций. Поэтому фактические нулевые дозы для этого контингента персонала отсутствуют, т.к. минимальное зарегистрированное дозиметром значение крайне редко бывает ниже порога регистрации 0,05 мЗв. Это, в свою очередь, приводит к повышению средней годовой эффективной дозы персонала и отсутствию принятого за рубежом разделения на существенно облучаемый персонал («measurably exposed workers») и весь контролируемый персонал («monitored workers», включающий в свое число существенно облучаемый персонал) [7]. Поэтому весь персонал медицинских учреждений в России (по данным ЕСКИД), в соответствии с зарубежным подходом, является как бы «существенно облучаемым», и сравнение было бы корректно провести со значениями средних годовых эффективных доз облучения именно «существенно облучаемого» персонала других стран.

Из рисунка 2 видно, что средние годовые эффективные дозы профессионального облучения, регистри-

руемые в России и внесенные в ФБД ДОП и собственную БД, отличаются незначительно. Вместе с тем, они оказываются в 3–4 раза больше в сравнении с эффективными дозами в других странах, в случае включения в расчет доз их нулевых значений. Если же выбрать только фактические дозы, без учета нулевых значений, то разница в дозах персонала различных стран значительно снижается (рис. 3).

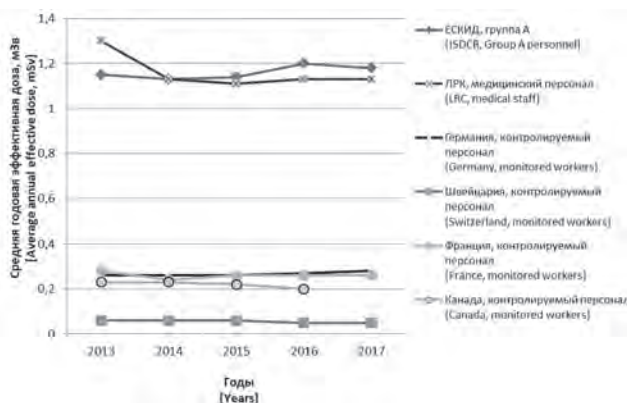


Рис. 2. Сравнение средних годовых эффективных доз профессионального облучения в России (по данным ЕСКИД), в Германии, Швейцарии, Франции (по данным ESOREX) и в Канаде (по данным [8]) для всего контролируемого персонала (включая медицинский), а также медицинского персонала по данным из собственной БД. Представлены значения эффективных доз (с учетом нулевых значений)

[Fig. 2. Comparison of the average annual effective doses of occupational exposure in Russia (according to ISDCR), in Germany, Switzerland, France (according to ESOREX) and Canada (according to [8]) for all controlled personnel (including medical), as well as medical staff according to data from their own database. Values of effective doses are presented (taking into account zero values)]

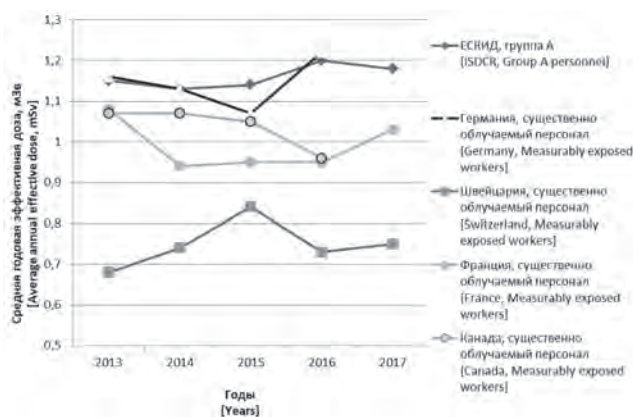


Рис. 3. Сравнение средних годовых эффективных доз профессионального облучения всего персонала (включая медицинский) в России (по данным ЕСКИД), в Германии, Швейцарии, Франции (по данным ESOREX) и в Канаде (по данным [8]). Из базы данных ESOREX взяты значения средних доз персонала без учета нулевых доз

[Fig. 3. Comparison of the average annual effective doses of occupational exposure for all personnel (including medical) in Russia (according to ISDCR), in Germany, Switzerland, France (according to ESOREX) and Canada (according to [8]). From the ESOREX database, the average personnel doses are taken without taking into account zero doses]

Наибольший интерес для нас представляло сравнение результатов измерений доз из собственной БД с зарубежными, поскольку мы имели возможность преобразования этих данных по разработанному нами алгоритму.

В связи с тем, что собственная БД содержит сведения о годовых эффективных дозах медицинского персонала, из баз данных других стран также были выделены средние годовые значения эффективных доз (без учета нулевых доз) только медицинского персонала.

Так как данные были получены при проведении контроля в медицинских организациях Санкт-Петербурга, соответственно, согласно МУ 2.6.1.3015-12, фоновые дозы из них не вычитались. Нами было проведено вычитание из всех индивидуальных эффективных доз персонала значения среднего по Санкт-Петербургу значения дозы природного фона (0,89 мЗв), полученное путем усреднения результатов измерений фоновых термолюминесцентных дозиметров. Из полученного таким образом массива данных были сохранены только те, которые превосходили условно установленный нами МУР (0,20 мЗв), а остальные были приравнены к нулю. Данным способом из общего массива данных были выделены нулевые дозы. Величины средних доз облучения персонала без учета нулевых доз (существенно облучаемый персонал), полученные из собственной БД, представлены на рисунке 4 в сравнении с соответствующими зарубежными данными.

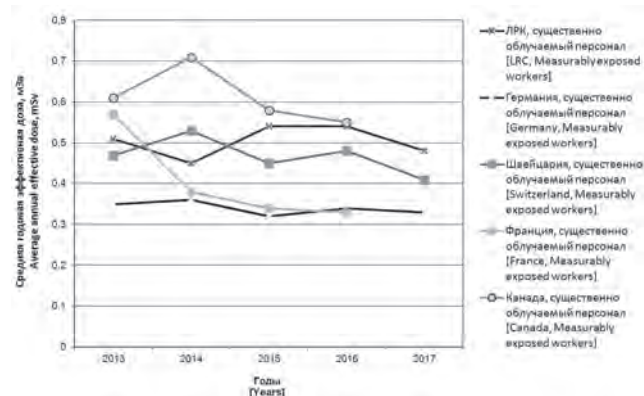


Рис. 4. Сравнение средних годовых эффективных доз профессионального облучения медицинского персонала в России (по данным ЛРК), в Германии, Швейцарии, Франции (по данным ESOREX) и в Канаде (по данным [8]). Из базы данных ESOREX взяты значения средних доз персонала без учета нулевых доз, значения собственной БД представлены после вычитания природного фона и отсеечения значений ниже МУР

[Fig. 4. Comparison of average annual effective doses of professional exposure for medical personnel in Russia (according to LRC), in Germany, Switzerland, France (according to ESOREX) and Canada (according to [8]). From the ESOREX database, the average personnel doses were taken without taking into account zero doses, the LRC data are presented after subtracting the natural background and cutting off the values below the MLR]

Отношение численности медицинского персонала с учетом и без учета персонала, имеющего нулевые дозы, полученное в результате анализа собственной БД, является самым низким в группе сравнения (табл. 3). При этом средние значения доз, с учетом нулевых, отличаются примерно в 3–4 раза при сравнении с Францией и Канадой и в 5–10 раз в сравнении с Германией и Швейцарией.

При сравнении средних значений доз, не учитывающих нулевые дозы, данные из собственной БД в целом очень близки к данным, опубликованным рассматриваемыми зарубежными странами в официальных отчетах. Это подтверждает тот факт, что обеспечение радиационной безопасности персонала медицинских организаций г. Санкт-Петербурга и ряда зарубежных стран находится на сопоставимом уровне.

Заключение

Проведенное исследование показало, что различие величин средних годовых доз в России и развитых странах

обусловлено не фактически высокими дозами профессионального техногенного облучения персонала, а разностью в подходах к регистрации после обработки первичной измерительной информации и усреднения данных при обобщении. Причины столь высоких расхождений необходимо учитывать при сравнении. Для сравнения средних значений годовых эффективных доз разных стран необходимо обеспечить идентичность сопоставляемых данных, то есть выполнить их обработку по единому алгоритму. С помощью приведённого в основной части статьи разработанного нами алгоритма была произведена обработка нашей первичной измерительной информации. Наиболее

Таблица 3

Соотношение численности медицинского персонала и средних значений годовой эффективной дозы с учетом и без учета нулевых доз

[Table 3

The ratio of the number of medical personnel and the average values of the annual effective dose, taking into account and excluding zero doses]

| Показатель [Index] | Год [Year] | Среднее значение годовой эффективной дозы, мЗв [average annual effective dose, mSv] | | N1 – численность персонала с учетом нулевых доз [headcount taking into account zero doses] | N2 – численность персонала без учета нулевых доз [headcount excluding zero doses] | N1/N2 |
|-------------------------------|------------|--|---|--|---|-------|
| | | с учетом нулевых доз, мЗв [taking into account zero doses, mSv] | без учета нулевых доз, мЗв [without taking into account zero doses, mSv] | | | |
| | | | | | | |
| Собственная БД [Own database] | 2013 | 0,39 | 0,51 | 739 | 565 | 1,31 |
| | 2014 | 0,21 | 0,45 | 1034 | 486 | 2,13 |
| | 2015 | 0,21 | 0,54 | 1228 | 475 | 2,59 |
| | 2016 | 0,23 | 0,54 | 1420 | 592 | 2,40 |
| | 2017 | 0,20 | 0,48 | 1377 | 563 | 2,45 |
| Германия [Germany] | 2013 | 0,05 | 0,35 | 282 098 | 36 050 | 7,83 |
| | 2014 | 0,05 | 0,36 | 286 950 | 39 010 | 7,36 |
| | 2015 | 0,05 | 0,32 | 292 213 | 43 454 | 6,72 |
| | 2016 | 0,04 | 0,34 | 298 496 | 36 204 | 8,24 |
| | 2017 | 0,04 | 0,33 | 304,654 | 38,532 | 7,90 |
| Швейцария [Switzerland] | 2013 | 0,02 | 0,47 | 66 519 | 2981 | 22,31 |
| | 2014 | 0,02 | 0,53 | 69 187 | 2337 | 29,61 |
| | 2015 | 0,02 | 0,45 | 71 525 | 2527 | 28,30 |
| | 2016 | 0,02 | 0,48 | 73 914 | 2469 | 29,94 |
| | 2017 | 0,02 | 0,41 | 76 273 | 2864 | 26,63 |
| Франция [France] | 2013 | 0,11 | 0,57 | 222 975 | 42 078 | 5,30 |
| | 2014 | 0,07 | 0,38 | 226 013 | 41 078 | 5,50 |
| | 2015 | 0,07 | 0,34 | 228 371 | 45 416 | 5,03 |
| | 2016 | 0,07 | 0,33 | 227 980 | 46 404 | 4,91 |
| | 2017 | – | – | – | – | – |
| Канада [Canada] | 2013 | 0,07 | 0,61 | – | – | – |
| | 2014 | 0,08 | 0,71 | – | – | – |
| | 2015 | 0,06 | 0,58 | – | – | – |
| | 2016 | 0,07 | 0,55 | – | – | – |
| | 2017 | – | – | – | – | – |

значимыми критериями в данной обработке являются вычитание значений природного радиационного фона и использование МУР. В Российской Федерации с 2012 г. для медицинских организаций, согласно МУ 2.6.1.3015-12, вычитание значений природного радиационного фона не производится, а использование понятия МУР в ФБД ДОП не предусмотрено. Зарубежные страны используют данные критерии, а их применение значительно уменьшает среднее значение годовой эффективной дозы. Авторы считают, что адекватное сопоставление данных о средних значениях эффективных доз облучения персонала медицинских учреждений России с данными зарубежных стран возможно лишь при использовании идентичной методики их обработки и обобщения. Авторы на данном этапе работы не ставили задачу вносить предложения в изменение действующей в Российской Федерации системы регистрации и учёта доз, гармонизации с международными критериями, но для сравнения данных разных стран мы предлагаем способ обработки первичной измерительной информации отечественных баз данных, включающий последовательное применение вычитания значений природного радиационного фона, использование условного МУР (приравнивания всех получившихся после вычитания фона средних значений годовой эффективной дозы, которые оказались менее МУР, к нулю).

Литература

1. Медведев А.Ю. Сравнительная оценка доз облучения персонала в России и за рубежом. // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3, № 2. С. 45–51.
2. Репин В.С., Барышков Н.К., Братилова А.А., и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2013 году: информационный сборник. СПб., 2014. 60 с.
3. Репин В.С., Барышков Н.К., Братилова А.А., и др. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2014 г. // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 3. С. 86–115.
4. Барковский А.Н., Барышков Н.К., Братилова А.Н., и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2015 году: информационный сборник. СПб.: НИИРГ, 2016. 73 с.
5. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 7–17. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17>
6. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2017 г. // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 4. С. 98–128.
7. Официальный сайт European Platform for Occupational Radiation Exposure. URL: <https://esorex-platform.org> (дата обращения: 04.03.2020)
8. 2018 Report on occupational radiation exposures in Canada, published by authority of the Minister of Health, Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Health, 2018 – Pub.: 170264, Cat.: H126-1E-PDF.
9. Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 2000. Report. Volume I, Annex E.
10. Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А., и др. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия; под ред. акад. РАН Онищенко Г.Г. и проф. Поповой А.Ю. СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. 432 с.
11. ICRP Publication 74. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation // Intern. Commission on Radiol. Protection. 1997.
12. ICRP. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Ann. ICRP, 2010. 40 (2–5).
13. Occupational radiation protection. International Atomic Energy Agency. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. Series: IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X; no. GSG-7. Includes bibliographical references.

Поступила: 06.04.2020 г.

Бажин Степан Юрьевич – исполняющий обязанности заведующего лабораторией радиационного контроля, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: s.bazhin@niirg.ru

Шлеенкова Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кайдановский Георгий Наумович – исполняющий обязанности ведущего научного сотрудника лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Ильин Владимир Александрович – техник-исследователь лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Бажин С.Ю., Шлеенкова Е.Н., Кайдановский Г.Н., Ильин В.А. О возможности сравнения среднегодовых эффективных доз облучения медицинского персонала России и некоторых зарубежных стран // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 2. С. 89–98. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-89-98

Possibilities of comparing the average annual effective doses of medical personnel in Russia and some foreign countries

Stepan Yu. Bazhin, Ekaterina N. Shleenkova, Georgiy N. Kaidanovsky, Vladimir A. Ilyin

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

The analysis of published data on the average annual effective doses to personnel of Russia, Germany, Switzerland, France and Canada in dynamics for 2013–2017 was performed. It was established that in the countries under consideration there are significant differences in the processing of primary measurement information, the calculation on its basis of individual effective doses, as well as ways of averaging the data obtained and their presentation. Factors that may lead to different interpretations of the results are considered: – taking into account background doses due to natural radiation; – use in processing the results of various (in different countries) values of the minimum level of registration; – dose averaging in the absence of activity periods (loss of a dosimeter / vacation), and when registering unexpectedly high doses. These differences exist between the data of foreign countries, but the data presented by the Russian Joint state system of control and accounting of the individual doses of the citizens are especially different. It is shown that the data on average annual effective doses to personnel presented in the Federal Data Base of personnel exposure doses within the framework of the Russian Joint state system of control and accounting of the individual doses is 3–4 times higher than in foreign countries. It is shown that such a difference is caused not by actually high doses, but by the method of processing primary information and averaging data during generalization. It should be noted that such differences occur only for extremely small doses of technogenic exposure to personnel, and do not lead to a significant impact on the overall assessment of the state of radiation safety in the country, but when comparing with other countries, it is necessary to understand the reasons for such differences. The purpose of this work was to identify the causes of these discrepancies and to develop a method for processing primary measurement information and averaging the data when summarizing the results, which allows them to be significantly reduced. Such a method should ensure that the effective doses of personnel closest to the conditionally true values are obtained in the entire range of values, and can be used to summarize the data contained in the Federal Data Base of personnel exposure doses. Since the conversion of the data contained in the Federal Data Base of personnel exposure doses was not the task of the authors of this article, in order to achieve this goal, an attempt was made to process and summarize the measurement results (total 23 204) of the quarterly values of the individual dose equivalent $H_p(10)$ obtained in the Laboratory of Radiation Control of Saint-Petersburg Research Institute of the Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev. Such processing has been performed. The subsequent comparison showed that the average annual effective doses to the personnel of medical organizations of St.-Petersburg, in which individual dosimetric control was carried out in the Laboratory of Radiation Control, transformed according to the developed algorithm, are much better consistent with similar data from foreign countries.

Key words: individual monitoring, individual dose equivalent, minimum detectable level, unexpectedly high doses, subtraction of background radiation doses, the Russian Joint state system of control and accounting of the individual doses.

References

1. Medvedev AYu. Comparative assessment of radiation doses to personnel in Russia and abroad. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(2): 45-51 (In Russian).
2. Repin VS, Baryshkov NK, Bratilova AA, Kormanovskaya TA, Kuvshinnikov SI, Matyukhin SV, et al. Doses to the population of the Russian Federation in 2013: information collection. Saint-Petersburg; 2014. 60 p. (In Russian).
3. Repin VS, Baryshkov NK, Bratilova AA, Varfolomeeva KV, Goncharova YuN, Kononenko DV, et al. The results of the operation of the Unified State System for Monitoring and Accounting for Individual Exposure Doses of Citizens of the Russian Federation according to 2014 data. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(3): 86-115 (In Russian).
4. Barkovsky AN, Baryshkov NK, Bratilova AA, Kormanovskaya TA, Repin LV, Romanovich IK, et al. Doses for the population of the Russian Federation in 2015: information collection. Saint-Petersburg: NIIRG; 2016: 73 (In Russian).
5. Onischenko GG, Popova AYu, Romanovich IK, Barkovsky AN, Kormanovskaya TA, Shevkun IG. Radiation-hygienic certification and ESKID – information basis for managerial decisions to ensure radiation safety of the population of the Russian Federation. Communication 1. Main achievements and tasks for improvement. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*. 2017;10(3): 7-17. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17> (In Russian).
6. Barkovsky AN, Akhmatdinov RR, Akhmatdinov RR, Baryshkov NK, Biblin AM, Bratilova AA, et al. Results of the operation of the Unified State System for Monitoring and Accounting

Stepan Yu. Bazhin

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: s.bazhin@niirg.ru

- for Individual Doses of Irradiation of Citizens of the Russian Federation according to 2017 data. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*. 2018;11(4): 98-128 (In Russian).
7. The official website of the European Platform for Occupational Radiation Exposure. Available from: <https://esorex-platform.org> [Accessed 04.03.2020] (In Russian).
 8. 2018 Report on occupational radiation exposures in Canada, published by authority of the Minister of Health, Her Majesty the Queen in Right of Canada, as represented by the Minister of Health, 2018 – Pub.: 170264, Cat.: H126-1E-PDF.
 9. Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 2000. Report. Volume I, Annex E.
 10. Romanovich IK, Stamat IP, Kormanovskaya TA, Kononenko DV, Balabina TA, Bashketova NS, et al. Natural sources of ionizing radiation: radiation doses, radiation risks, preventive measures. Ed. by Acad. of the RAS Onischenko GG and Prof. Popova AYu. Saint-Petersburg: NIIRG after Professor P.V. Ramzaev; 2018. 432 p. (In Russian).
 11. ICRP Publication 74. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External Radiation. International Commission on Radiological Protection, 1997.
 12. ICRP. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Annals of the ICRP. 2010. 40(2-5).
 13. Occupational radiation protection. International Atomic Energy Agency. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. Series: IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X; no. GSG-7. Includes bibliographical references.

Received: April 06, 2020

For correspondence: Stepan Yu. Bazhin – acting Head of the Laboratory of Radiation Control, Senior Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia. E-mail: s.bazhin@niirg.ru)

Ekaterina N. Shleenkova – Junior Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Georgiy N. Kaidanovsky – acting Leading Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Vladimir A. Ilyin – Technician-Researcher at the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Bazhin S.Yu., Shleenkova E.N., Kaidanovsky G.N., Ilyin V.A. Possibilities of comparing the average annual effective doses of medical personnel in Russia and some foreign countries. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020. Vol. 13, No 2. P. 89-98. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-89-98