

Результаты контроля доз облучения хрусталиков глаз у медицинского персонала г. Санкт-Петербурга

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

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

В работе представлены и проанализированы результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала рентгенохирургических бригад нескольких клинических больниц г. Санкт-Петербурга. Измерения операционных величин — индивидуальных эквивалентов доз $H_p(3)$ и $H_p(10)$ проводились методом термолюминесцентной дозиметрии. Дозиметры, предназначенные для измерения $H_p(3)$, располагались в области лба оператора, а для определения $H_p(10)$ — как над индивидуальным защитным фартуком оператора в области воротничка или груди, так и под защитным фартуком в области груди. Были обработаны и проанализированы результаты 34 измерений годовых значений $H_p(3)$ и $H_p(10)$, измеренных над фартуком, и 24 значений $H_p(10)$, измеренных под фартуком. Результаты статистической обработки показали, что вероятность превышения годовых значений $H_p(3)$ у персонала рентгенохирургических бригад нового предела дозы 20 мЗв мала, — менее 1%. Превышение же существующего в настоящее время дозового предела эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза (150 мЗв) вообще вряд ли возможно в нормальных условиях. Наилучшим решением для оценки дозы облучения хрусталика глаза является измерение индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ с помощью соответствующим образом откалиброванного ТЛ-дозиметра (термолюминесцентный дозиметр), расположенного вблизи глаз работника. Однако этот дополнительный дозиметр необходим только в случае, когда значение эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза может приблизиться к новому значению предела дозы 20 мЗв. По результатам проведенного исследования введение такого дополнительного дозиметра возможно, если годовое значение $H_p(10)$, регистрируемое дозиметром, расположенным над защитным фартуком, больше 10 мЗв.

Ключевые слова: индивидуальный дозиметрический контроль, эквивалентная доза хрусталика глаза, индивидуальный эквивалент дозы.

Введение

В последние годы в перечне вопросов радиационного контроля и радиационной безопасности актуальным является вопрос облучения хрусталиков глаз. Основным эффектом облучения хрусталика глаза является радиационная катаракта, считающаяся в настоящее время детерминированным эффектом. По данным НКДАР ООН [1], риск возникновения радиационно-индуцированной катаракты оказался более высоким, чем это считалось ранее. Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) в 2011 г. определила пороговое значение поглощенной дозы для образования катаракты хрусталика глаза равным 0,5 Гр [2] как для острого, так и для хрониче-

ского облучения (предыдущее значение было равным 5 Гр). В связи с этим было введено новое значение годового дозового предела для эквивалентной дозы в хрусталиках глаз 20 мЗв, усредненное за 5 последовательных лет (100 мЗв за 5 лет), но не более 50 мЗв за любой отдельный год [3]. Новый дозовый предел уже введен в ряде стран. Следует ожидать, что в ближайшие годы в России также будет принят новый дозовый предел. До введения нового дозового предела актуальность проведения индивидуального дозиметрического контроля облучения хрусталика глаза была невысокой, поскольку величина существующего в настоящее время в России дозового предела — 150 мЗв/год¹ [4] в нормальных (неаварийных)

¹ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Зарегистрировано в Минюсте РФ 14.08.2009 № 14534. [Sanitary rules and norms. SanPiN 2.6.1.2523-09. Norms of the radiation safety (NRB 99/2009). Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 14.08.2009 N 14534.]

Голиков Владислав Юрьевич

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

Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: sg235@rambler.ru

условиях облучения не превышалась. Предварительный анализ литературных данных показывает, что новый дозовый предел может быть превышен при проведении ряда работ с использованием источников ионизирующего излучения [5]. В документах МАГАТЭ [6] и Публикации 139 МКРЗ [7] говорится о нескольких офтальмологических исследованиях, проведенных на выборке интервенционных кардиологов и медсестер. Было установлено, что примерно 40–50% интервенционистов и 20–40% техников или медсестер имеют помутнения хрусталика глаза, соответствующие повреждениям, полученным в результате воздействия ионизирующего излучения. Уровень заболеваемости у интервенционистов был в 4–5 раз выше, чем у необлученных лиц в контрольной группе (примерно 40–50% против 10%).

В связи с вышесказанным проведение измерений индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$, являющегося консервативной оценкой эквивалентной дозы в хрусталиках глаз, представляется весьма актуальным. Еще в 2000 г. МКРЗ в своей Публикации № 85 [8] подчеркивала повышенный риск облучения хрусталиков глаз у медицинского персонала, выполняющего интервенционные и другие исследования под контролем рентгеновского излучения, и рекомендовала носить дополнительный дозиметр над защитным фартуком в районе шеи и головы для оценки доз не защищенных фартуком органов, в том числе хрусталиков глаз. Вопрос о том, как оценивать дозу в хрусталиках глаз на основе показаний этого дозиметра, исследовался, в частности, в работах [9, 10], где было рекомендовано использовать корректирующий фактор 0,75 для модификации показаний «шейного» дозиметра с целью оценки эквивалентной дозы в хрусталиках глаз. Конечно, идеальным вариантом является использование отдельного дозиметра, калиброванного в терминах индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ и расположенного вблизи глаз оператора. Однако использование дополнительного дозиметра, во-первых, усложняет и удорожает проведение ИДК и, во-вторых, может вызвать возражение врачей из-за возможных помех при выполнении их прямых обязанностей. Поэтому, согласно опросам представителей европейских учреждений, осуществляющих ИДК медицинского персонала [11], они планируют после введения нового предела дозы (20 мЗв) продолжать использовать существующие индивидуальные дозиметры и корректирующие факторы для оценки эквивалентной дозы в хрусталиках глаз, а дополнительный «глазной» дозиметр использовать только в ситуациях, когда годовая эквивалентная доза в хрусталиках глаз может приблизиться к значению 20 мЗв.

Ранее нами с целью определения категорий персонала, подвергающихся наибольшему риску облучения хрусталика глаза, было проведено исследование, которое

также показало, что наиболее облучаемой категорией медицинского персонала в этом смысле являются члены рентгенохирургических бригад [12]. В настоящей работе представлены новые данные измерений значений $H_p(3)$ у членов рентгенохирургических бригад медицинских организаций г. Санкт-Петербурга.

Цели исследования

1. На основе анализа результатов измерений значений индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ оценить возможность превышения его значения 20 мЗв/год, – нового дозового предела для хрусталиков глаз.

2. На основе анализа результатов измерений значений индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(3)$ и $H_p(10)$ при различных положениях дозиметров на поверхности тела работника оценить возможность определения эквивалентной дозы в хрусталиках глаз по показаниям дозиметра, измеряющего значение $H_p(10)$ над защитным фартуком. Обосновать численное значение критерия, определяющего необходимость ношения дополнительного дозиметра вблизи глаз работника для контроля облучения хрусталика глаза.

Материалы и методы

Нормируемые величины, являющиеся мерой ущерба от воздействия излучения на человека (эффективная доза, эквивалентная доза облучения органа или ткани), не являются непосредственно измеримыми. Поэтому для их консервативной оценки используются операционные величины, однозначно определяемые через физические характеристики поля излучения. Операционной величиной для оценки эквивалентной дозы хрусталика глаза является индивидуальный эквивалент дозы $H_p(3)$. Для оценки эффективной дозы внешнего облучения персонала рентгенохирургических бригад в настоящее время используется комбинация операционных величин – индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(10)$, измеренных над и под защитным фартуком работника (МУ 2.6.1.3015-12²):

$$E = 0,60 \cdot H_p^z(10) + 0,025 \cdot H_p^w(10), \text{ мЗв (1)}$$

где: $H_p^z(10)$ – индивидуальный эквивалент дозы, мЗв, зарегистрированный дозиметром, расположенным на груди под защитным фартуком, а $H_p^w(10)$ – индивидуальный эквивалент дозы, мЗв, зарегистрированный дозиметром, расположенным над фартуком на воротнике халата.

Измерения $H_p(3)$ производились с помощью термoluminesцентного дозиметра типа МКД-А с детектором ДТГ-4³. Считывание показаний детекторов осуществлялось на установке ДВГ-02ТМ (Россия)⁴. Основная погрешность результатов измерений $H_p(3)$, согласно свидетельству о поверке, составляла $\pm 30\%$ ($P=0,95$). Дополнительная погрешность за счет энергетической зависимости чув-

² 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". Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene. 2012;5(3):77-86]

³ Дозиметры термoluminesцентные МКД. Руководство по эксплуатации ФВКМ.412111.004РЭ/ НПП «Доза». [Thermoluminescent dosimeters MCD. Operating Manual ФВКМ.412111.004РЭ/ SPC "Doza"]

⁴ Установка дозиметрическая термoluminesцентная ДВГ-02ТМ. Руководство по эксплуатации ПИГУ.412113.003РЭ/ НПП «Доза». [Dosimetric thermoluminescent sistem DVG-02TM. Operating Manual ПИГУ.412113.003РЭ/ SPC "Doza".]

ствительности детекторов при измерении в полях фотонного излучения с энергией 30–50 кэВ относительно чувствительности к гамма-излучению радионуклида ^{137}Cs не превышала 40%. Экспонируемый дозиметр располагался на шапочке, на лицевой части головы (в области лба) или на дужке защитных очков. Для измерения индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ использовались термолюминесцентные дозиметры типа DTU-01, содержащие по два детектора ДТГ-4. Считывание показателей данных детекторов осуществлялось на термолюминесцентной дозиметрической системе Harshaw-2000 D (США). Основная погрешность результатов измерений $H_p(10)$ составляла $\pm 20\%$ ($P=0,95$), а дополнительная погрешность за счет энергетической чувствительности детекторов в полях рентгеновского излучения не превышала 30%. Дозиметры для измерения $H_p(10)$ размещались на теле работника на уровне груди под защитным фартуком и над защитным фартуком на уровне груди или на воротничке халата. Диапазон измерения значений ин-

дивидуальных эквивалентов доз $H_p(3)$ и $H_p(10)$ составлял 0,1 мЗв – 100 Зв.

К персоналу рентгенохирургических бригад были отнесены: врачи-хирурги, врачи-анестезиологи и медицинские сестры. Работа персонала в медицинских учреждениях проводилась с использованием ангиографической установки Innova 3100 GE [13] с диапазоном напряжений на аноде рентгеновской трубки 40–125 кВ и расположением трубки под декой стола. Более подробных данных об условиях облучения персонала (вид медицинского исследования, взаимное расположение оператора и пациента, использование стационарных и подвесных защитных средств и т.п.) собрано не было.

Результаты и обсуждение

В таблице представлены измеренные годовые значения индивидуальных эквивалентов дозы $H_p(3)$ и $H_p(10)$ (за вычетом годового значения фона 0,78 мЗв) с помощью дозиметров, расположенных под и над защитным фарту-

Годовые значения $H_p(3)$, $H_p(10)$ и E в мЗв (2016–2018 гг.)
Annual doses $H_p(3)$, $H_p(10)$ and E, in units of mSv (2016–2018)

Таблица

[Table]

№ пп.	Должность [Specialization]	$H_p(3)$	$H_p(10)$ под фартуком [under the apron]	$H_p(10)$ над фартуком [above the apron]	E [effective dose]
1	Врач РЭДил*	7,16	2,64	7,31	1,77
2	Врач РЭДил	0,89	0,90	1,10	0,57
3	Врач РЭДил	2,32	7,0	11,3	4,46
4	Врач РЭДил	6,3	0,52	10,5	0,57
5	Врач-кардиолог [Cardiologist]	0,58	0,44	3,21	0,34
6	Врач РЭДил	0,67	0,35	0,47	0,22
7	Врач РЭДил	0,64	0,42	0,54	0,27
8	Заведующий отделением РХМДил**	0,58	0,13	0,49	0,09
9	Врач РЭДил	2,01	0,30	6,50	0,34
10	Врач РЭДил	0,21	0,74	1,89	0,49
11	Врач РЭДил	0,62	0,11	2,37	0,13
12	Медсестра-анестезист [Anesthetist nurse]	0,73	0,45	0,61	0,29
13	Врач РЭДил	3,94	0,37	2,90	0,29
14	Медсестра-анестезист [Anesthetist nurse]	1,09	0,30	0,60	0,20
15	Врач РЭДил	3,13	0,36	1,36	0,25
16	Врач РЭДил	1,53	0,24	1,29	0,18
17	Врач РЭДил	5,7	0,21	5,30	0,26
18	Врач-кардиолог [Cardiologist]	1,24	0,24	0,51	0,16
19	Врач РЭДил	1,82	0,74	3,26	0,53
20	Врач РЭДил	2,23	1,25	1,82	0,80
21	Врач РЭДил	3,13	0,45	2,36	0,33

Окончание таблицы

№ пп.	Должность [Specialization]	$H_p(3)$	$H_p(10)$ под фартуком [under the apron]	$H_p(10)$ над фартуком [above the apron]	E [effective dose]
22	Заведующий отделением РХМДиЛ	6,48	3,78	5,07	2,39
23	Медсестра-анестезист [Anesthetist nurse]	3,57	2,20	2,84	1,39
24	Медсестра-анестезист [Anesthetist nurse]	1,00	0,33	0,43	0,21
25	Заведующий отделением РЭДиЛ ***	0,67	0,35	–	0,23
26	Врач РЭДиЛ	0,87	0,59	–	0,38
27	Врач-хирург [Surgeon]	9,3	0,84	–	0,74
28	Врач РЭДиЛ	1,01	1,24	–	0,77
29	Врач РЭДиЛ	2,12	0,14	–	0,14
30	Врач-хирург [Surgeon]	4,51	0,11	–	0,18
31	Врач-хирург [Surgeon]	10,7	0,37	–	0,49
32	Заведующий отделением РЭДиЛ	0,87	0,07	–	0,06
33	Врач-хирург [Surgeon]	1,47	0,07	–	0,08
34	Врач РЭДиЛ	1,96	0,03	–	0,07
Тип и параметры распределения [Type and parameters of distribution]		¹⁾ LN (²⁾ GM=1,74 ³⁾ GSD=2,6)	LN (GM=0,41 GSD=3,2)	LN (GM=1,9 GSD=2,8)	LN (GM=0,33 GSD=2,7)

¹⁾LN – логарифмически нормальное распределение; [lognormal distribution]²⁾GM – геометрическое среднее [the geometric mean];³⁾GSD – геометрическое стандартное отклонение [geometric standard deviation].

* – врач рентгеноэндоваскулярной диагностики и лечения [endovascular diagnostic and treatment doctor]

** – заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения. [Head of department of radiosurgical methods of diagnostics and treatment]

*** – заведующий отделением рентгеноэндоваскулярной диагностики и лечения [Head of the department of Endovascular Diagnostics and Treatment]

ком, а также значения эффективной дозы E , рассчитанные согласно выражению (1). Из 43 измеренных годовых значений $H_p(3)$ и $H_p(10)$ 9 после вычитания фонового значения оказались меньше или равны нулю и были исключены из дальнейшего рассмотрения.

На рисунках 1 и 2 показаны распределения годовых значений $H_p(3)$ и E и их аппроксимация логнормальными распределениями, что было подтверждено с помощью критерия Стьюдента ($p > 0,05$).

Основываясь на параметрах аппроксимирующих логнормальных распределений годовых значений $H_p(3)$ и E , можно показать, что:

– в случае годовой эффективной дозы вероятность ее превышения значения 1 мЗв составляет 13%, а значение 6 мЗв (3/10 от предела дозы) – всего лишь 0,2%;

– в случае годового значения $H_p(3)$ вероятность его превышения значения 6 мЗв (3/10 от нового значения предела дозы) составляет 10%, значения 10 мЗв – 3,3%, а значения 20 мЗв – всего лишь 0,5%.

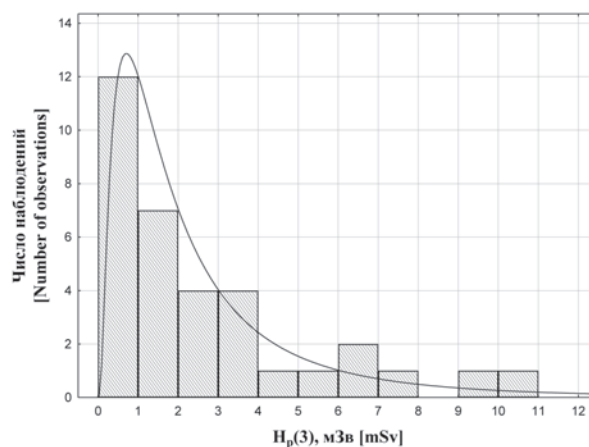


Рис. 1. Распределение годовых значений индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ (измерения 2016–2018 гг.)

[Fig. 1. Distribution of annual values of individual dose equivalent $H_p(3)$ (data for 2016–2018)]

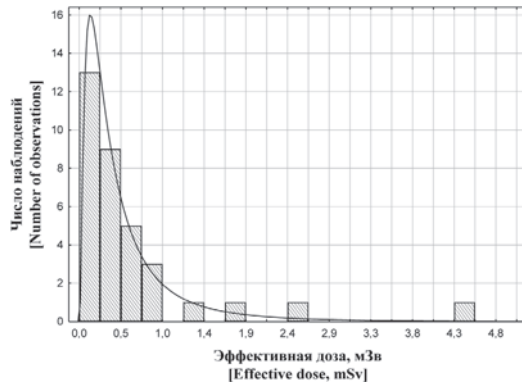


Рис. 2. Распределение годовых эффективных доз (измерения 2016–2018 гг.)
[Fig.2. Distribution of annual effective doses (data for 2016–2018)]

Результаты оценки эффективной дозы на основе данных ИДК говорят о том, что вероятность превышения 3/10 значения предела дозы (6 мЗв) практически равна нулю. Согласно Европейской директиве [14], в этом случае проведение ИДК не обязательно. В настоящее время в российском законодательстве в области радиационной безопасности такой нормы нет.

Результаты оценки значений эквивалентной дозы хрусталиков глаз свидетельствуют, что в случае старого значения дозового предела (150 мЗв) вероятность его превышения практически равна нулю, да и значение нового предела (20 мЗв), согласно данным измерений, может быть превышено менее чем в 1% случаев. Тем не менее, вероятность превышения 3/10 значения предела дозы существует у 10% операторов и, по крайней мере, согласно Европейской директиве [14], проведение ИДК для этой категории медицинского персонала обязательно.

Надо отметить, что результаты наших измерений значений $H_p(3)$ существенно отличаются от аналогичных результатов, полученных в рамках Европейского проекта ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff) [5]. Там на основании измерения доз для отдельных медицинских процедур и количества процедур за год, выполняемых оператором, предсказывается, что вероятность превышения 3/10 значения нового предела годовой дозы для хрусталиков глаз возможна у 45% операторов, а предела годовой дозы – у 24%.

Выше говорилось, что в настоящее время для оценки эффективной дозы персонала рентгенохирургических бригад используются два индивидуальных дозиметра: один расположен под защитным фартуком, другой – над ним. Согласно результатам опроса представителей европейских учреждений, осуществляющих ИДК персонала, рекомендовалось, даже с учетом введения нового дозового предела для эквивалентной дозы в хрусталиках глаз 20 мЗв, использовать для оценки дозы в них показания уже существующего дозиметра, расположенного над фартуком, если его показания существенно меньше дозового предела. Эти рекомендации, основанные на результатах ИДК [15] и расчетах методом Монте-Карло [9], позволяли не носить дополнительный индивидуальный дозиметр, что упрощало и удешевляло проведение ИДК. Однако при этом указывалось, что при приближении по-

казаний этого дозиметра к значению дозового предела из-за существенного разброса отношения $H_p(3)/H_p(10)$ все-таки необходим дополнительный дозиметр, расположенный вблизи глаз оператора. Попытаемся на основании результатов собственных измерений оценить необходимость ношения такого дополнительного дозиметра.

Анализ полученных на основании измерений результатов отношения $H_p(3)/H_p(10)$ при размещении дозиметра, измеряющего $H_p(10)$ над защитным фартуком (на воротнике халата или на груди), показывает, что распределение этого отношения статистически достоверно (согласно критерию Стьюдента, $p > 0,05$) подчиняется нормальному закону распределения (рис. 3). Среднее значение отношения $H_p(3)/H_p(10)$ оказалось равным 1,11 ($\pm 0,66$ ст. откл.), что почти в 1,5 раза выше, чем аналогичное значение (0,75), рекомендованное на основании результатов исследований проекта ORAMED для нижнего расположения рентгеновской трубки [5]. При этом 90% значений отношения $H_p(3)/H_p(10)$, полученного в настоящей работе, лежит в пределах 0,024–2,2, а 50% – в пределах 0,66–1,55. Согласно данным европейских исследований [15], для интервенционных медицинских процедур разброс значений этого отношения на основании данных ИДК составлял 0,44–1,45. На основании фантомных экспериментов разброс значений этого отношения составлял 0,74–1,77 [16]. При этом отмечалось, что отношение $H_p(3)/H_p(10)$ было больше единицы при верхнем расположении рентгеновской трубки или когда не использовались верхние навесные защитные шторы.

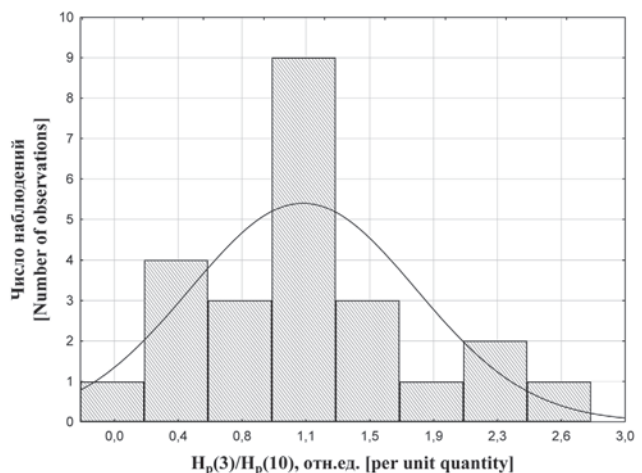


Рис. 3. Распределение отношения $H_p(3)/H_p(10)$ (измерения 2016–2018 гг.)
[Fig.3. Ratios $H_p(3)/H_p(10)$ (data for 2016–2018)]

Основываясь на собственных полученных параметрах распределения отношения $H_p(3)/H_p(10)$, можно оценить, с какой вероятностью $H_p(3)$ превысит значение 20 мЗв в зависимости от значения $H_p(10)$, которое измеряется в настоящее время в области шеи, над фартуком у членов рентгенохирургических бригад.

Обозначим:

$$\frac{H_p(3)}{H_p(10)} = k \text{ или } H_p(3) = k \cdot H_p(10), \quad (2)$$

Далее, зная параметры распределений величин k и $H_p(10)$, оценим, при каком значении $H_p(10)$ возможно, что $H_p(3)$ превысит значение нового дозового предела 20 мЗв и какова вероятность этого события.

90% интервал значений $H_p(3)/H_p(10)$, оцененный по результатам измерений, составляет 0,024–2,2. На его нижней границе для того, чтобы $H_p(3)$ было больше 20 мЗв, значение $H_p(10)$ должно быть больше 830 мЗв, вероятность чего практически равна нулю. На верхней границе этого интервала $H_p(3)$ будет больше 20 мЗв, если значение $H_p(10)$ будет больше 9,1 мЗв, вероятность чего $P(H_p(10) \geq 9,1 \text{ мЗв}) = 0,066$. Таким образом, полная накопленная вероятность того, что $9,1 \text{ мЗв} \leq H_p(10) \leq 830 \text{ мЗв}$, будет равна 0,066. Далее методом стохастического моделирования с помощью программы Crystal Ball [17] построили распределение произведения $k \cdot H_p(10)$: k – ограниченное нормальное распределение на интервале 0,024–2,2; $H_p(10)$ – ограниченное логнормальное распределение на интервале 9,1–830. Оказалось, что для распределения произведения $k \cdot H_p(10)$ вероятность превышения значения 20 мЗв составляет 30%. Иными словами, при зарегистрированном годовом значении $H_p(10) > 9,1 \text{ мЗв}$ вероятность, что $H_p(3) > 20 \text{ мЗв}$, будет равна $0,9 \cdot 0,3 = 0,27 = 27\%$. Для всей выборки значений $H_p(10)$ вероятность, что $H_p(3) > 20 \text{ мЗв}$, будет равна $0,9 \cdot 0,066 \cdot 0,3 = 0,018 = 1,8\%$.

Таким образом, используя результаты представленных здесь измерений, можно предложить следующий критерий введения дополнительного дозиметра для оценки эквивалентной дозы в хрусталиках глаз при работе на аппаратах с расположением трубки под декой стола. При существующей системе измерений индивидуальных доз у членов рентгенохирургических бригад с ношением двух дозиметров (один – над фартуком в районе щитовидной железы, другой – под фартуком на груди) введение дополнительного третьего дозиметра, расположенного вблизи глаз оператора, возможно, если годовое значение дозы, зарегистрированной дозиметром, расположенным над фартуком в районе щитовидной железы, будет более чем 9 мЗв.

Заключение

Проведенные измерения показывают, что вероятность превышения годовых доз облучения хрусталиков глаз у персонала рентгенохирургических бригад значения нового годового предела дозы 20 мЗв мала – около 1%. Превышение же существующего в настоящее время дозового предела эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза (150 мЗв) вообще вряд ли возможно в нормальных условиях.

Наилучшим решением для оценки дозы облучения хрусталика глаза является измерение индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ с помощью соответствующим образом откалиброванного ТЛ-дозиметра, расположенного вблизи глаз работника. Однако этот дополнительный дозиметр необходим только в случае, когда значение эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза приближается к новому пределу 20 мЗв. По результатам проведенного исследования введение такого дополнительного дозиметра возможно, если годовое значение показаний дозиметра, расположенного над фартуком в районе щитовидной железы, больше, чем 9 мЗв.

Литература

1. Summary of Low-Dose Radiation Effects on Health. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2010). – May 2011; p. 51–64.
2. ICRP (2012). ICRP Statement on tissue reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Publication 118 ICRP 41: (1/2).
3. Международное Агентство по Атомной Энергии. Радиационная Защита и Безопасность Источников Излучения: Международные Основные Нормы Безопасности. Общие требования безопасности. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3. – Вена: МАГАТЭ, 2015. – 518 с.
4. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер с англ.; под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 344 с.
5. ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff: EURADOS Report 2012-02, – Braunschweig, April 2012.
6. Radiation Protection of Patients (RPOP) – the leading resource for health professionals, patients and public on the safe and effective use of radiation in medicine: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/interventional-cardiology/staff> (дата обращения: 13.03.2019 г.)
7. ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP 47(2).
8. ICRP (2000). Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures Publication 85 30:(2) (Oxford: Pergamon).
9. Clerinx P, Buls N, Bosmans H, and de Mey J. (2008) Double-dosimetry algorithm for workers in interventional radiology. Radiat. Prot. Dosim., 129, pp. 321–327.
10. Martin C. J, and Magee J. S. (2013) Assessment of eye and body dose for interventional radiologists, cardiologists, and other interventional staff. J. Radiol. Prot., 33, pp. 445–460.
11. Marie Claire Cantone [et al.] Report of IRPA task group on the impact of the eye lens dose limits. J. Radiol. Prot., 2017, 37, 527 p.
12. Шлеенкова, Е.Н. Результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала медицинских организаций / Е.Н. Шлеенкова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 3. – с. 39–43.
13. Системы рентгеновские ангиографические GE: Innova 2100-IQ, Innova 2121-IQ, Innova 3131-IQ, Innova 4100-IQ, Innova 3100-IQ. В разделе «рентгеновское оборудование» сайта: medimp.com (дата обращения: 10.05.2019 г.)
14. European Commission 2014 Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 Laying down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation, and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom 13 1–73.
15. Eye lens monitoring for interventional radiology personnel: dosimeters, calibration and practical aspects of $H_p(3)$ monitoring. A 2015 review, Journal of Radiological Protection, 35(2015), R17–R34.
16. Farah J, Struelens L, Dabin J, Koukorava C, Donadille L, Jacob S, Schnelzer M, Auvinen A, Vanhavere F and Clairand I. (2013) A correlation study of eye lens dose and personal dose equivalent for interventional cardiologists Radiat. Prot. Dosim., 157, pp. 561–569.
17. Official site Oracle Crystal Ball: <http://www.oracle.com/crystalball> (дата обращения: 12.08.2019 г.)

Поступила: 13.06.2019 г.

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

Голиков Владислав Юрьевич – старший научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций 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: sg235@rambler.ru

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

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, 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: Шлеенкова Е.Н., Голиков В.Ю., Кайдановский Г.Н., Бажин С.Ю., Ильин В.А. Результаты контроля доз облучения хрусталиков глаз у медицинского персонала г. Санкт-Петербурга // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 29–36. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-29-36

Results of eye lens doses control of medical personnel in St. Petersburg

Ekaterina N. Shleenkova, Vladislav Yu. Golikov, Georgy N. Kaidanovsky, Stepan Yu. Bazhin, 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

Results of individual monitoring for personnel of X-ray surgical teams in several clinics of St. Petersburg are presented and analyzed. Measurements of the operational quantities – individual dose equivalents $H_p(3)$ and $H_p(10)$ were performed by thermoluminescent dosimetry method. Dosimeters designed to measure $H_p(3)$ were located in the operators forehead area, and to determine $H_p(10)$ both above the operator's individual protective apron in the collar or chest area and under the protective apron in the chest area. The results of 34 measurements of the annual values of $H_p(3)$ and $H_p(10)$ measured above the apron and 24 values of $H_p(10)$ measured below the apron were processed and analyzed. The results after the statistical treatment show that the probability of exceeding the annual values of $H_p(3)$ in the personnel of X-ray surgical teams of the new dose limit 20 mSv is small, less than 1%. Exceeding the current dose limit of the equivalent exposure dose of the lens of the eye (150 mSv) is hardly possible at all under normal conditions. The best solution for evaluating the radiation dose of the lens of the eye is to measure the individual equivalent of the dose $H_p(3)$, using a suitably calibrated TL-dosimeter (thermoluminescent dosimeter) located near the worker's eyes. However, this additional dosimeter is only necessary when the values of eye lens equivalent dose can approach the new value of dose limit of 20 mSv. According to the results of the study, it is possible to introduce such an additional dosimeter if the annual value of $H_p(10)$ recorded by the dosimeter located above the protective apron is more than 10 mSv.

Key words: individual dose monitoring, eye lens equivalent dose, individual dose equivalent.

Vladislav Yu. Golikov

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

Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101; E-mail: sg235@rambler.ru

References

- Summary of Low-Dose Radiation Effects on Health. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2010). May 2011; pp. 51-64.
- ICRP (2012). ICRP Statement on tissue reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Publication 118 ICRP 41: (1/2).
- International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2015, 518 p. (in Russian)
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). (In Russian)
- ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff: EURADOS Report 2012-02, Braunschweig, April 2012.
- Radiation Protection of Patients (RPOP) – the leading resource for health professionals, patients and public on the safe and effective use of radiation in medicine. – Available on: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/interventional-cardiology/staff> (Accessed: 13.03.2019)
- ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP 47(2).
- ICRP (2000). Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures Publication 85 30:(2) (Oxford: Pergamon).
- Clerinx P, Buis N, Bosmans H, and de Mey J. (2008) Double-dosimetry algorithm for workers in interventional radiology. Radiat. Prot. Dosim., 129, pp. 321–327.
- Martin C.J., and Magee J.S. (2013) Assessment of eye and body dose for interventional radiologists, cardiologists, and other interventional staff. J. Radiol. Prot., 33, pp. 445–460.
- Marie Claire Cantone et al. (2017) Report of IRPA task group on the impact of the eye lens dose limits. J. Radiol. Prot., 37, 527p.
- Shleenkova E.N. The results of individual dose control of health institutions staff. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol.7, № 3, pp. 39-43. (In Russian)
- X-ray angiographic systems GE: Innova 2100-IQ, Innova 2121-IQ, Innova 3131-IQ, Innova 4100-IQ, Innova 3100-IQ. – Available on: medimp.com (Accessed: 10.05.2019) (In Russian)
- European Commission 2014 Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 Laying down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation, and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom 13 1–73.
- Eye lens monitoring for interventional radiology personnel: dosimeters, calibration and practical aspects of Hp(3) monitoring. A 2015 review, Journal of Radiological Protection, 35(2015), R17–R34.
- Farah J, Struelens L, Dabin J, Koukorava C, Donadille L, Jacob S, Schnelzer M, Auvinen A, Vanhavere F and Clairand I. (2013) A correlation study of eye lens dose and personal dose equivalent for interventional cardiologists Radiat. Prot. Dosim., 157, pp. 561–569.
- Official site Oracle Crystal Ball. – Available on: <http://www.oracle.com/crystalball> (Accessed: 12.08.2019)

Received: June 13, 2019

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

For correspondence: Vladislav Yu. Golikov – Senior Researcher of the Medical Protection Laboratory, 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: sg235@rambler.ru)

Georgy 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 and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Stepan Yu. Bazhin – acting head of radiation control laboratory – senior researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights 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 and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Shleenkova E.N., Golikov V.Yu., Kaidanovsky G.N., Bazhin S.Yu., Ilyin V.A. Results of eye lens doses control of medical personnel in St. Petersburg. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2019, Vol. 12, No. 4, pp. 29-36. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-29-36