О проблемах контроля доз облучения хрусталика глаза

Г.Н. Кайдановский, Е.Н. Шлеенкова

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

По результатам углубленных исследований, риск возникновения радиационно-индуцированной катаракты оказался более высоким, чем это считалось ранее. Поэтому в апреле 2011 г. МКРЗ выпустила заявление о реакции тканей, в котором рекомендовала, чтобы при профессиональном облучении был установлен предел эквивалентной дозы для хрусталика глаза 20 мЗв/год, усредненный за определенный период 5 лет, но не более 50 мЗв за любой отдельный год. В связи с этим в новом стандарте МАГАТЭ № GSR Part 3 предусмотрено новое значение дозового предела в ситуациях профессионального облучения хрусталика глаза — 20 мЗв/год. Дозиметрические данные об уровнях облучения хрусталика глаза у персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения, в Российской Федерации фактически отсутствуют. В статье дана предварительная оценка эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза специалистов, работающих в рентген-операционных медицинских учреждениях г. Санкт-Петербурга и г. Казани. Выбрана именно эта категория специалистов в связи с тем, что методики проведения процедур в рентген-операционных вынуждают медицинский персонал находиться в зоне воздействия не только рассеянного излучения, но и непосредственно в первичном пучке рентгеновского излучения, что существенно увеличивает их дозы облучения. Показано, что фактическая годовая доза может превысить новый предел дозы (максимальное значение $H_p(3)$ за 3 месяца работы составило 8,5 мЗв). В связи с этим сделан вывод о необходимости контроля доз облучения хрусталика глаза персонала рентген-операционных при условии принятия в России нового дозового предела. Рассмотрены типы дозиметров как российского, так и зарубежного производства, предназначенные для измерения индивидуального эквивалента дозы хрусталика глаза $H_p(3)$ и зарегистрированные в российском реестре средств измерений.

Ключевые слова: индивидуальный дозиметрический контроль, термолюминесцентный дозиметр, дозовый предел для хрусталика глаза, индивидуальный эквивалент дозы, интервенционные специалисты.

Введение

Основным медицинским эффектом облучения хрусталика глаза является радиационная катаракта (детерминированный эффект). По результатам углубленных исследований, риск возникновения радиационно-индуцированной катаракты оказался более высоким, чем это считалось ранее [1]. Это вызвало необходимость введения нового значения предела эквивалентной дозы при профессиональном облучении хрусталика глаза. Предыдущее значение предела годовой эквивалентной дозы 150 мЗв, рекомендованное в Публикации 103 МКРЗ [2] и воспроизведенное в Нормах радиационной безопасности НРБ 99/2009: СанПиН 2.6.1.2523-09, было снижено до 20 мЗв [3].

Медицинские сотрудники, работающие в рентгенохирургических кабинетах, подвергаются более высоким уровням внешнего облучения по сравнению с другими профессиональными группами, работающими с источ-

никами ионизирующего излучения (ИИИ) в медицине [4]. В связи с этим следовало ожидать, что и дозы облучения хрусталика глаза для этой категории медицинского персонала могут оказаться выше, чем у других категорий персонала. Кроме того, в рамках европейского проекта ORAMED было проведено исследование доз облучения хрусталика глаза у интервенционных специалистов в 34 европейских больницах, которое показало, что у 7 из 15 операторов при выполнении ангиографии сердца и ангиопластики была превышена годовая доза облучения хрусталика глаза 20 мЗв [5]. Отмечалось, что дозы облучения хрусталика сильно зависят от взаимного расположения рентгеновской трубки и работника, а также от применения защитных средств.

В отечественной научной литературе имеется информация о проблемах дозиметрии хрусталика глаза [6], но не было обнаружено публикаций, описывающих результаты инструментального контроля облучения хрусталика глаза.

Кайдановский Георгий Наумович

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

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; Тел.: (812)233-48-43. E-mail: kgn@inbox.ru

Материалы и методы

Измерения индивидуального эквивалента дозы $\text{Hr}(3)$ проводились с помощью термолюминесцентного дозиметра (ТЛД) типа МКД-А с детектором ДТГ-4 (рис. 1) (Руководство по эксплуатации ФВКМ.412111.004РЭ/НПП «Доза»). Основная погрешность результатов измерений $\text{Hr}(3)$, согласно свидетельству о поверке, составляет $\pm 30\%$ ($P=0,95$). Дополнительная погрешность при измерении в полях фотонного излучения с энергией 30–50 кэВ относительно чувствительности к излучению ^{137}Cs не превышает 40%. Диапазон измерения значений индивидуального эквивалента дозы $\text{Hr}(3)$ – 0,1 мЗв – 100 Зв (в соответствии с МУ 2.6.1.3015-12. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских учреждений: введ. 19.04.2012). Считывание показаний детекторов осуществлялось на установке ДВГ-02ТМ.

Дозиметры использовались в клиниках общего профиля г. Санкт-Петербурга и г. Казани при ведении контроля облучения персонала, работающего с ангиографической установкой Innova 3100 GE ([Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medimp.com/ru/rentgenovskoe-oborudovanie/109-general-electric/254-24-sistemy-rentgenovskie-angiograficheskie-ge-innova-2100-iq-innova-2121-iq-innova-3131-iq-innova-4100-iq-innova-3100-iq> (дата обращения: 19.05.2016), диапазон напряжений 40–125 кВ, положение трубки – под столом пациента.

Дозиметр располагался на гибкой ленте, которая крепилась на лицевой части головы (в области лба) или на дужке защитных очков. Время экспозиции составляло от 1 до 3 месяцев. Выбор типа дозиметра и считывающего устройства определялся наличием этих средств измерения в распоряжении авторов.

Рис. 1. Дозиметр МКД-А-многослойный дозиметр для измерения эквивалентных доз фотонного и β -излучения в хрусталике глаза и коже лица; состоит из детекторов ТТЛД-580 и детектора ДТГ-4

[Picture 1. Dosimeter MKD-5 – the multi-layer dosimeter measures dose equivalents from photon and beta radiation in the lens of the eye and face skin; it consists of detectors TTLD-580 and DTG-4]

Для измерения эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза может также использоваться термолюминесцентный дозиметрический прибор АКИДК российского производства в комплекте с дозиметром ДВДС-1 (рис. 2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uralpribor.com/sites/default/files/userfiles/Documents/Booklet%20IDC.pdf> (дата обращения 19.05.2016). Его метрологические характеристики близки к характеристикам дозиметра МКД-А.

Рис. 2. ДВДС-1 – дозиметр для измерения индивидуальных эквивалентов доз фотонного и β -излучения в хрусталике глаза и коже лица; в слайд установлены 2 детектора: пленочный ДТВС-1 и кристаллический ДТГ-4

[Picture 2. DVDS-1 – the dosimeter measures individual dose equivalents from photon and beta radiation in the lens of the eye and face skin; two detectors are placed in the slide: the membranous DTVS-1 and crystal DTG-4]

В европейских странах для измерения эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза наиболее широко применяется дозиметр EYE-DTM с детектором MCP-N (LiF: Mg, Cu, P) ([Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uralpribor.com/sites/default/files/userfiles/Documents/Booklet%20IDC.pdf> (дата обращения 19.05.2016). Отличительной особенностью этого дозиметра является то, что его чувствительность на порядок выше (10 мкЗв – 10 Зв), чем у МКД-А. Эти дозиметры предназначены для работы в комплекте со считывающим устройством RE-2000S (производитель MIRION TECHNOLOGIES).

Рис. 3. EYE-DTM – термолюминесцентный дозиметр для измерения индивидуальных эквивалентов доз бета- и фотонного излучения в хрусталике глаза; детекторы MCP-N (LiF: Mg, Cu, P)

Следует отметить, что дозиметры МКД-А и ДВДС-1, кроме детекторов для измерения $H_p(3)$, содержат также детекторы, предназначенные для измерения индивидуального эквивалента дозы в коже лица $H_p(0,07)$. Но в режимах работы рентгеновских аппаратов, в которых работают специалисты рентгенохирургических кабинетов, согласно ISO 12794:2000 [13], $H_p(3)$ всегда больше $H_p(0,07)$. Кроме того, при непревышении нового предела годовой эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза (20 мЗв) предел дозы облучения кожи лица (500 мЗв в год) тоже не может быть превышен.

Дозиметр EYE-D™ содержит только один детектор для измерения $H_p(3)$ и, соответственно, имеет минимальный вес, что весьма важно, т.к. дозиметры для мониторинга $H_p(3)$ должны располагаться максимально близко к глазу (в направлении к источнику излучения) и не мешать оператору при проведении рутинных процедур.

Результаты и обсуждение

В таблицах 1, 2 и 3 приведены результаты пробных измерений значений индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения в хрусталике глаза $H_p(3)$ у персонала рентгенохирургических операционных трех медицинских учреждений, выполненные нами в 2015 г.

Таблица 1
Показания дозиметров ($H_p(3)$) из учреждения № 1
(период ношения 1 месяц)

[Measured values ($H_p(3)$) from the facility №1
(a period of use is one month)]

№ п/п №	№ дозиметра [Number of dosimeter]	Показания, мЗв [Measured value, mSv]	Профессия [Occupation]
1	866	1,89	Рентгенохирург [Radiosurgeon]
2	885	2,90	Рентгенохирург [Radiosurgeon]
3	888	0,77	Рентгенохирург [Radiosurgeon]
4	869	0,66	Рентгенохирург [Radiosurgeon]
5	870	0,29	Рентгенохирург [Radiosurgeon]
Ср. знач. 1,30±0,46; Max 2,90 [Av. value 1,30±0,46; Max 2,90]			

Таблица 2
Показания дозиметров ($H_p(3)$) из учреждения № 2
(период ношения 3 месяца)

[Measured values ($H_p(3)$) from the facility №2
(a period of use is one month)]

№ п/п №	№ дозиметра [Number of dosimeter]	Показания, мЗв [Measured value, mSv]	Профессия [Occupation]
1	862	8,54	Врач-рентгенолог [Radiologist]
2	863	0,10	Врач-рентгенолог [Radiologist]
3	876	6,78	Врач-рентгенолог [Radiologist]
4	892	1,02	Врач-рентгенолог [Radiologist]

Окончание таблицы 2
[Table 2]

№ п/п №	№ дозиметра [Number of dosimeter]	Показания, мЗв [Measured value, mSv]	Профессия [Occupation]
5	864	0,10	Врач-рентгенолог [Radiologist]
6	893	0,10	Врач-рентгенолог [Radiologist]
7	874	0,10	Врач-рентгенолог [Radiologist]
8	858	0,20	Врач-рентгенолог [Radiologist]
9	875	2,88	Врач-рентгенолог [Radiologist]
10	868	0,89	Врач-хирург [Surgeon]
11	889	0,11	Операционная медсестра [Scrub nurse]
12	881	0,72	Операционная медсестра [Scrub nurse]
13	859	0,11	Операционная медсестра [Scrub nurse]
14	860	0,22	Операционная медсестра [Scrub nurse]
15	873	0,10	Операционная медсестра [Scrub nurse]
16	883	4,60	Операционная медсестра [Scrub nurse]
17	877	1,51	Операционная медсестра [Scrub nurse]
18	884	0,14	Операционная медсестра [Scrub nurse]
19	865	0,11	Операционная медсестра [Scrub nurse]
20	891	0,35	Операционная медсестра [Scrub nurse]
21	857	0,10	Операционная медсестра [Scrub nurse]
22	861	0,70	Операционная медсестра [Scrub nurse]
23	856	0,57	Операционная медсестра [Scrub nurse]
24	886	1,37	Операционная медсестра [Scrub nurse]
25	879	0,13	Операционная медсестра [Scrub nurse]
Ср. знач. 1,26 ± станд. откл. 2,16; Max 8,54 [Av. value ± stand. dev.=1,26 ± 2,16; Max=8,54]			

Показания дозиметров (Hr(3)) из учреждения №3
(период ношения 3 месяца)

Таблица 3

[Table 3]

[Measured value (Hr(3)) from facility №3
(period of use – 1 month)]

№	№ дозиметра [Number of dosimeter]	Показания, мЗв [Measured value, mSv]	Профессия [Occupation]
1	859	0,98	Врач РЭДил* [Interventional radiologist]
2	889	1,06	Медсестра-анестезист [Nurse anesthetist]
3	892	0,90	Врач-кардиолог [Cardiologist]
4	884	1,40	Врач РЭДил [Interventional radiologist]
5	881	0,44	Врач РЭДил [Interventional radiologist]
6	891	1,38	Заведующий отделением РХМДил** [Head, Interventional Radiology Department]
7	873	0,72	Врач РЭДил [Interventional radiologist]
8	883	0,76	Врач РЭДил [Interventional radiologist]
9	877	1,49	Врач РЭДил [Interventional radiologist]
10	886	1,39	Врач-анестезиолог [Anesthesiologist]
Ср. знач. $\pm$ станд. откл. = 1,05 $\pm$ 0,34; Max = 1,49 [Av. value stand. dev. = 1,05 $\pm$ 0,34; Max = 1,49]			

* – врач рентгеноэндоваскулярной диагностики и лечения
[Interventional radiologist].

** – отделение рентгенохирургических методов диагностики и
лечения [Interventional Radiology Department].

К сожалению, мы не имели возможности измерять дозы облучения хрусталика за одну отдельно взятую операцию, как это было сделано в [6], поскольку чувствительность применяемых нами средств измерения была низкой. Кроме того, рентгеновская установка Innova 3100 GE обладает интеллектуальной системой управления, которая автоматически выбирает режимы работы (напряжение на рентгеновской трубке, положение приемника изображения и т.д.) в зависимости от угла наклона трубки по отношению к пациенту, вида операции и объекта визуализации, причем эти режимы также автоматически могут изменяться в течение одной операции. Поскольку операционные бригады выполняют за период контроля десятки различных операций, то говорить о режимах работы рентгеновских аппаратов, взаимного расположения персонала и рентгеновской трубки за весь период контроля не представляется возможным.

В таблицах 1–3 представлены интегральные данные, полученные за период контроля, которые показывают, что в 10% случаев годовые дозы облучения хрусталика глаза

могут превышать новое значение предела эквивалентной дозы 20 мЗв в год.

Следует также отметить, что в Публикации МКРЗ № 118 [1] указывается на возможность помутнения хрусталика глаза при дозах намного ниже тех, которые обычно считают связанными с возникновением катаракты. Другими словами, допускается возможность квалификации радиационной катаракты как стохастического эффекта. В этом случае в рамках оптимизации радиационной защиты персонала должны быть предприняты попытки для уменьшения доз облучения хрусталика глаза с учетом принципа ALARA.

Заключение

Таким образом, можно говорить о необходимости проведения контроля значений Hr(3) для персонала рентген-операционных при условии принятия в России нового предела эквивалентной дозы в хрусталике глаза. Для разработки методического документа, регламентирующего вопросы организации и проведения индивидуального дозиметрического контроля доз облучения хрусталика глаза, потребуется расширение круга медицинского персонала, подлежащего дозиметрическому контролю, например, занятого в области позитронно-эмиссионной томографии или работающего с радиофармацевтическими препаратами.

Литература

1. Публикация 118 МКРЗ. Ранние и отдаленные эффекты облучения в нормальных тканях и органах – пороговые дозы для тканевых реакций в контексте радиационной защиты. – Челябинск: Книга, 2012. – 384 с.
2. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / пер с англ. под общ. ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
3. Международное агентство по атомной энергии, Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности, № GSR Part 3. – Вена: МАГАТЭ, 2015. – 482 с.
4. Шлеенкова, Е.Н. Результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала медицинских организаций / Е.Н. Шлеенкова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 39–43.
5. Vanhavere F, Carinou E, Domienik J, Donadille L, Ginjaume M, Gualdrini G, Koukorava C, Krim S, Nikodemova D, Ruiz-Lopez N, Sans-Mercy M, Struelens L. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project. Radiation Measurements, Vol. 46, Issue 11, November 2011, pages 1243-1247.
6. Иванов, С.И. Проблемы дозиметрии хрусталика глаза / С.И. Иванов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2014. – Т. 59, № 4. – С. 67–72.
7. ISO 12794:2000, Nuclear energy – Radiation protection – Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes.

Поступила: 25.02.2016

Кайдановский Георгий Наумович – кандидат технических наук, заведующий лабораторией 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: kgn@inbox.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.

Для цитирования:

- Кайдановский Г.Н., Шлеенкова Е.Н. О проблемах контроля доз облучения хрусталика глаза // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 75–80. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-75-80

On problems of the lens of the eye radiation dose monitoring

G.N. Kaydanovsky, E.N. Shleenkova

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

According to results of in-depth studies, the risk of the radiation-induced cataract is higher than it was considered earlier. In April 2011, ICRP released a statement on the tissue reactions. The statement recommends that for the case of for occupational exposure in planned exposure situations, an equivalent dose for the lens of the eye should be less than 20 mSv in a year, averaged over the defined periods of 5 years, with no single year exceeding the value of 50 mSv. In this regard, the new standard IAEA № GSR Part 3 provides the dose limit of 20 mSv in a year for occupational exposure for the lens of the eye. The dosimetric data on levels of exposure for personnel in the Russian Federation is practically absent. This paper performs a preliminary evaluation of equivalent dose for the lens of the eye for personnel working in X-ray operating rooms of medical facilities in Saint Petersburg and Kazan. This group of personnel was selected because of the fact that method-ic of carrying out procedures forces medical staff to be not only in the zone of scattered radiation but also in the X-ray beam. This fact significantly increases exposure doses for the personnel. It is shown that actual annual dose can exceed the new dose limit (the highest recorded value Hp(3) in 3 months of work was 8,6 mSv). We made a conclusion on the necessity of the lens of the eye dose monitoring amongst interventional specialists on conditions that new limits will be established in the Russian Federation. The Russian and foreign dosimeters for measurement of individual dose equivalent for the lens of the eye Hp(3) which have been registered in the Russian State Register of Measuring Instruments, are described in the paper.

Key words: personnel monitoring, thermoluminescent dosimeter, dose limit for the lens of the eye, individual dose equivalent, interventional specialists.

References

1. ICRP Publication 118. Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context, Chelyabinsk, Kniga, 2012, 384 p. (In Russ.)
2. ICRP Publication 103. Translated by, Ed.: M.F. Kiselyova, N.K. Shandala, M., Pub. OOO PKF «Alana», 2009, 312 p. (In Russ.)
3. IAEA, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, № GSR Part 3, Vienna, IAEA, 2015, 482 p. (In Russ.)
4. Shleenkova E.N. The results of individual dose control of health institutions staff. Radiatsionnaya gigiena – Radiation Hygiene, 2014, Vol. 7, No 3, pp. 39-43. (In Russ.)
5. Vanhavere F, Carinou E, Domienik J, Donadille L, Ginjaume M, Gualdrini G, Koukorava C, Krim S, Nikodemova D, Ruiz-Lopez N, Sans-Mercy M, Struelens L. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project. Radiation Measurements, Vol. 46, Iss. 11, 2011, pp. 1243-1247.
6. Ivanov S.I., Loginova S.V., Akopova N.A., Okhrimenko S.E., Nurlybaev K.N. Problems of Eye Lens Dosimetry. Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost – Medical Radiology and Radiation Safety, 2014, Vol. 59, No 4, pp. 67-72. (In Russ.)
7. ISO 12794:2000, Nuclear energy – Radiation protection – Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes.

Received: February 25, 2016

Kaydanovsky Georgiy N.

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

Address for correspondence: Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kgn@inbox.ru

Kaydanovsky Georgiy N. – Candidate of Engineering Science, Head, 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 (Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kgn@inbox.ru)

For correspondence

Shleenkova Ekaterina N. – 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 Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation:

- **Kaydanovsky G.N., Shleenkova E.N. On problems of the lens of the eye radiation dose monitoring // Radiatsionnaya gigiena – Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 3, pp. 75–80. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-3-75-80**