

УДК 613.648.4 + 614.876

DOI: 10.34215/1609-1175-2024-4-10-14



Современные представления об условиях труда медицинских работников хирургического профиля, связанных с воздействием искусственного ионизирующего излучения

Е.В. Антонова, Л.В. Кириченко

Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера Минздрава России, Пермь, Россия

Работа в операционных связана с воздействием многих вредных производственных факторов. Наиболее опасным из них является ионизирующее излучение. В настоящее время разработаны представления об уровнях облучения и ограничивающих дозах, при которых медицинские работники могут трудиться продолжительное время без риска для здоровья. Для контроля условий труда используются различные методы регистрации и оценки ионизирующего излучения для оценки индивидуальных доз медицинского персонала. В обзоре приведены данные исследований радиационной безопасности медицинского персонала рентгенохирургических операционных. Предложен комплекс профилактических мер, направленных на снижение воздействия искусственного ионизирующего излучения на медицинских работников хирургического профиля.

Ключевые слова: искусственное ионизирующее излучение, медицинский персонал, рентгенохирургические операционные

Поступила в редакцию: 28.07.2024. Получена после доработки: 05.10.2024. Принята к публикации: 18.10.2024

Для цитирования: Антонова Е.В., Кириченко Л.В. Современные представления об условиях труда медицинских работников хирургического профиля, связанных с воздействием искусственного ионизирующего излучения. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2024;4:10–14. doi: 10.34215/1609-1175-2024-4-10-14

Для корреспонденции: Антонова Евгения Васильевна – аспирант кафедры гигиены медико-профилактического факультета Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера Минздрава России, (614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 28); ORCID: 0009-0001-9433-6108; тел.: 8 (902) 83-79-530; e-mail: evgeniya128@mail.ru

Modern perspectives on the working conditions of surgical specialists exposed to artificial ionizing radiation

E.V. Antonova, L.V. Kirichenko

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Perm, Russia

Work in operating rooms is associated with exposure to numerous occupational hazards. Among these, ionizing radiation poses the greatest risk. Currently, established guidelines outline the levels of radiation exposure and limiting doses that allow healthcare workers to operate for extended periods without jeopardizing their health. Various methods for monitoring and assessing ionizing radiation are employed to evaluate the individual doses received by medical workers. The present paper reviews findings on radiation safety for healthcare professionals working in radiological operating rooms and introduces a comprehensive set of preventive measures for reducing the exposure of surgical specialists to artificial ionizing radiation.

Keywords: artificial ionizing radiation, healthcare professionals, radiological operating rooms

Received 28 July 2024; Revised 5 October 2024; Accepted 18 October 2024

For citation: Antonova E.V., Kirichenko L.V. Current insights into the working conditions of the surgical healthcare professionals associated with an exposure to artificial ionizing radiation. *Pacific Medical Journal*. 2024;4:10–14. doi: 10.34215/1609-1175-2024-4-10-14

Corresponding author: Evgeniya V. Antonova, postgraduate student of the Department of Hygiene of the Medical and Preventive Faculty of the Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (28 Petropavlovskaya St., Perm, 614000, Russia); ORCID: 0009-0001-9433-6108; phone: 8 (902) 83-79-530; e-mail: evgeniya128@mail.ru

В Российской Федерации применяются специальные законодательные акты, нормирующие работу в условиях воздействия искусственного ионизирующего излучения. Разработаны уровни облучения и ограничивающие дозы, при которых медицинские работники могут трудиться продолжительное время без риска для здоровья. Для контроля условий труда используются различные методы регистрации и оценки ионизирующего излучения на рабочем месте. Разработаны

и используются методики оценки индивидуальных доз медицинского персонала. Но, несмотря на принятые меры, уровни излучения на рабочих местах и дозы ионизирующего излучения, получаемые отдельными медицинскими работниками, остаются на высоком уровне, особенно это актуально в рентгенохирургии [1, 2]. Работа в операционных связана с воздействием многих вредных производственных факторов [3, 4]. Наиболее опасным из них является ионизирующее

излучение, поэтому радиационная защита персонала кабинетов является одним из главных условий техники безопасности и охраны здоровья трудящихся [5].

В настоящем обзоре проведен анализ публикаций, посвященных исследованиям условий труда медицинского персонала хирургического профиля в условиях воздействия искусственного ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение ведет к ионизации макромолекул клеточных мембран, цитоплазматических белковых комплексов и нуклеиновых кислот. При высоких разовых и суммарных дозах наступают необратимые изменения в отдельных органах и в организме в целом [6]. Вероятность возникновения стохастических беспороговых эффектов прямо пропорциональна дозе, причем тяжесть их проявления не зависит от полученной дозы. Латентный период возникновения этих эффектов у персонала варьируется от 2 до 50 лет и более [7].

По данным статистики, среди профессиональных болезней медицинских работников лидирующее место занимают заболевания, полученные при работе в условиях неблагоприятного воздействия физических факторов (до 45,32%). Среди вредных производственных факторов физической природы одно из лидирующих мест занимают ионизирующие и неионизирующее излучения. К неионизирующим относятся неблагоприятные метеоусловия, вибрация, шум, различные виды излучений. Но гораздо более серьезный и глобальный вред здоровью медицинских работников наносят различные виды ионизирующего излучения, которые могут вызывать местные лучевые поражения, новообразования, лучевую болезнь, катаракту, опухоли кожи, лейкозы [5, 8, 9]. Несмотря на постоянное усовершенствование средств индивидуальной защиты хирургов и появление низкодозового оборудования, операции становятся все более трудоемкими и продолжительными, что, в свою очередь, повышает риски возникновения профессиональных заболеваний. Оценка радиационного ущерба, рассчитанная на основе показателя смертности, не является информативной характеристикой влияния внешних факторов на популяционное здоровье. Эти данные не отражают полную картину и при сравнительном анализе рисков различной природы в долгосрочной перспективе [10–13].

Расчет дозы облучения, которую получает персонал рентгенохирургических операционных, показывает следующие результаты. При проведении операции продолжительностью 36,2 минуты время рентгеноскопии составляет 6,8 минуты, а средняя доза облучения на тело позвоночника составляла 1,46 мЗв для пальца (эквивалент дозы 70 мкм), 0,24 мЗв для хрусталика глаза (эквивалент дозы 3 мм), 0,11 мЗв для шеи (эквивалент дозы 10 мм) и 0,03 мЗв для грудной клетки (эквивалент дозы 10 мм) под защитным костюмом. Расчетная кумулятивная доза облучения: 50,37 мЗв – для пальцев, 8,27 мЗв – для хрусталика, 3,91 мЗв – для шеи и 1,15 мЗв – для грудной клетки [2, 14].

Бурное развитие рентгенохирургических методов привело к тому, что существующие нормативные документы быстро утрачивают свою актуальность. Правильное и регулярное использование средств индивидуальной защиты способствует снижению дозовой нагрузки на хирургический персонал, но в настоящее время в отечественных нормативных документах не учтены новые зарубежные разработки, более маневренные и удобные, обеспечивающие большую степень защиты при выполнении медицинских манипуляций [15].

Значительное влияние на показания индивидуального дозиметра медицинского персонала оказывает правильность его использования. Дозы ионизирующего облучения, которые получает персонал, могут отличаться в зависимости от расположения дозиметров на теле. На измерение дозы влияет также положение дозиметра под/за средством индивидуальной защиты или поверх него. Важно строго соблюдать фактическое расположение персональных дозиметров на теле, особенно при использовании средств индивидуальной защиты. По некоторым сведениям, персонал не всегда соблюдает правила использования индивидуального дозиметра [16]. Вместе с тем наблюдается высокое соответствие (от 89,1 до 99,0%) ношения дозиметров на груди независимо от возраста, пола и трудовой специфики работников, однако размещение дозиметров либо под, либо поверх защитных фартуков чаще всего непоследовательно. В целом 40,1% персонала носили дозиметры под фартуком, в то время как остальные носили дозиметры поверх фартука. Это несоответствие указывает на то, что дозы облучения, возможно, измеряются по-разному при одних и тех же условиях воздействия исключительно из-за различий в размещении дозиметров [16]. В отношении медицинского персонала данные исследования не проводились.

В Российской Федерации основными нормативными документами для обеспечения радиационной безопасности и учета индивидуальных доз, полученных медицинским персоналом в ходе выполнения должностных обязанностей, являются: СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», ОСПОРБ-99/2010 и МУ 2.6.1.3015-12 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций».

В статье Б.Я. Наркевича [17] дана подробная оценка состояния нормативно правовых актов в области обеспечения радиационной безопасности в настоящий момент. Автор отмечает, что в условиях «регуляторной гильотины» данный правовой раздел нуждается в пересмотре, который даст возможность увеличить уровень радиационной безопасности как для медицинского персонала, так и для пациентов. Данная мера позволит гармонизировать законодательную базу РФ с учетом накопленного международного уровня и обеспечит более корректную оценку вредных условий труда медицинских работников при воздействии

искусственного ионизирующего излучения и последующее назначение для них льготных пенсий.

О необходимости пересмотра нормативных правовых актов в области обеспечения радиационной безопасности говорят и другие авторы [18, 19]. Они указывают на существенные недостатки действующей методики радиационного контроля в рентгеновских кабинетах и, как следствие, недостоверность проведенных с ее помощью измерений и неправильная трактовка результатов, что в последующем влияет на адекватность оценки условий труда медицинского персонала.

В НРБ-99 обозначен один из основных принципов независимой оценки доз природного и искусственного ионизирующего излучения. Искусственное ионизирующее излучение в документе подразделяется на медицинское, аварийное и контролируемое техногенное облучения. С.Ю. Бажин и Г.Н. Кайдановский [20] отмечают, что в практической деятельности невозможно разделить дозу, зафиксированную индивидуальным дозиметром и соблюсти данный принципиальный подход.

Таким образом, в настоящий момент в РФ нет единого подхода, алгоритма и правил, как разделить индивидуальную дозу на полученную в ходе выполнения профессиональной деятельности и накопленный естественный фон, особенно это актуально в отношении малых значений доз.

В последнее десятилетие за рубежом активно рассматриваются нормативы доз, полученных при индивидуальной дозиметрии, изменяются подходы к оценке радиационных рисков, и связано это с ростом использования радиации, особенно в медицинской деятельности. Например, в Японии в 2023 году был пересмотрен предел эквивалентной дозы для хрусталика глаза. 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. Современные методы исследования позволяют более детально изучить биологические реакции, которые вызывает ионизирующее излучение в организме человека. Это обстоятельство дает повод для пересмотра существующих нормативов и методов оценки условий труда, в том числе медицинских работников [21–24].

Можно полагать, что в РФ также будет пересмотрен дозовый предел. Проведенные исследования показали, что дополнительный дозиметр будет необходим, если полученное значение эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза станет близко к новому значению предела дозы 20 мЗв. Это необходимо при годовом значении, полученном дозиметром над защитным фартуком более 10 мЗв [25].

В 2022–23 годах в РФ с учетом технической оснащенности лечебно-профилактических организации были разработаны и введены в действие методические указания МУК 2.6.1.3829-22 «Проведение

радиационного контроля при медицинском использовании рентгеновского излучения», обеспечивающие единые подходы к проведению радиационного мониторинга. В МУК 2.6.1.3805-22 «Проведение радиационного контроля при использовании медицинских ускорителей электронов», определен единый порядок проведения радиационного контроля при использовании радиационных медицинских установок с ускорителями электронов. Были пересмотрены МР 2.6.1.0283-22 Изменения № 1 в МР 2.6.1.0055-11 «Критерии и требования по обеспечению процедуры перехода населенных пунктов от условий радиационной аварии к условиям нормальной жизнедеятельности населения»; МР 2.6.1.0285-22 «Кризисная риск-коммуникация на разных этапах радиационных аварий и происшествий»; МР 2.6.1.0295-22 «Оценка радиационного риска при ингаляционном и пероральном поступлении радионуклидов в организм», а также МУ 2.6.1.3806-22 «Прогноз доз облучения населения радионуклидами цезия-137 при их попадании в окружающую среду». Впервые подготовлены с учетом международных рекомендаций и внедрены МУ 2.6.1.3747-22 «Контроль индивидуальных эквивалентных доз внешнего облучения хрусталиков глаз персонала» [26]. Однако новые МУК, МР и МУ носят лишь рекомендательный характер.

Для обеспечения радиационной безопасности медицинского персонала необходимо чтобы все используемое оборудование было зарегистрировано в Государственном реестре изделий медицинского назначения и имело сертификат соответствия международным требованиям безопасности [27].

Отметим, что снижение уровней профессионального облучения можно добиться за счет повышения уровня профессиональной компетентности медицинского персонала [28]. В настоящее время при обучении медицинского персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения, не уделяется должное внимание вопросам радиационной безопасности как пациентов, так и самого персонала. Медицинский персонал не имеет представления, в каких условиях работает, не знает основных радиобиологических и дозиметрических понятий, не может квалифицированно донести до пациентов необходимость и обоснованность проведения защиты от искусственного излучения. Руководство клинических учреждений к вопросам обучения сотрудников основам радиационной безопасности подходит зачастую формально.

Не менее важным фактором, обеспечивающим снижение профессионального облучения любого персонала, являются средства индивидуальной защиты (СИЗ). В настоящее время ведется активная работа, направленная на усовершенствование и разработку новых государственных стандартов для СИЗ, применяемых на объектах использования атомной энергии. Использование некачественных или с истекшим сроком годности СИЗ может вызвать риск возникновения профессиональных заболеваний у персонала [29, 30].

Заключение

Уменьшение дозы облучения медицинского персонала является одним из главных направлений профилактической работы в области радиационной безопасности. Для достижения этой цели необходима большая разносторонняя работа по техническому переоснащению медицинских учреждений современным оборудованием, нормированию объема проводимых операционных и диагностических процедур для каждого конкретного специалиста в зависимости от вида оборудования и времени медицинской манипуляции. Важное значение в разработке новых профилактических рекомендаций имеют разработка эргономичной аппаратуры как источника ионизирующего излучения, оптимальная планировка операционных и диагностических помещений, разработка и внедрение современных средств индивидуальной защиты, усовершенствование нормативных правовых актов с учетом новой современной технической оснащенности. Необходимо повышение профессионализма медицинского персонала отделений, работающих с ионизирующим излучением, так как для качественной и быстрой работы необходимы хорошее знание используемой аппаратуры, правильный выбор режимов исследований, точное соблюдение рекомендаций размещения пациента и методологии его защиты. Для разработки и реализации всего комплекса работ, направленных на снижение воздействия искусственного ионизирующего излучения на медицинских работников хирургического профиля, данная проблема нуждается в дальнейшем изучении.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Литература / References

1. Бурханова М.Н., Раушанова А.М. Организация индивидуального дозиметрического контроля в медицинских учреждениях. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2018;2:334–8. [Burkhanova MN, Raushanova A.M. Organization of individual dosimetry control in medical institutions. *Bulletin of the Kazakh National Medical University*. 2018;2:334–8 (In Russ.)].
2. Наркевич Б.Я., Рыжов С.А., Ратнер Т.Г., Моисеев А.Н. Профессиональные аббревиатуры по медицинской радиологии, медицинской физике и радиационной безопасности в медицине. *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2021;3:74–87. [Narkevich BYa, Ryzhov SA, Ratner TG, Moiseev AN. Professional Abbreviations in Medical Radiology, Medical Physics and Radiation Safety. *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2021;4(3):74–87 (In Russ.)]. doi: 10.37174/2587-7593-2021-4-3-74-87
3. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Гигиена труда врачей-хирургов. Современные проблемы (научный обзор). *Профилактическая и клиническая медицина*. 2014;1(50):26–9. [Deynego VN, Kapstov VA Occupational health of surgeons. Modern problems (scientific review). *Preventive and Clinical Medicine*. 2014;1(50):26–9 (In Russ.)].
4. Кириллов В.Ф. *Гигиена труда врачей хирургического профиля*. Москва. Медицина, 1982; 160. [Kirillov VF. Occupational hygiene of surgical doctors. Moscow: Medicine. 1982; 160 (In Russ.)].
5. Косарев В.В., Бабанов С.А., *Профессиональные заболевания медицинских работников*. Издание четвертое, переработанное и дополненное. Самара: ООО «Офорт», 2014; 201. [Kosarev VV, Babanov SA, Occupational diseases of medical workers. The fourth edition, revised and expanded. Samara: ООО Ofort, 2014; 201 (In Russ.)].
6. *Радиация. Дозы, эффекты, риск: Перевод с англ.* / Москва: Мир, 1988; 79. [Radiation. Doses, effects, risk: Translated from English / Moscow: Mir, 1988; 79 (In Russ.)].
7. Проскурякова Н.Л., Симаков А.В., Абрамов Ю.В. Гигиенические аспекты специальной оценки условий труда при работе с источниками ионизирующего излучения. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2022;67(4):19–23. [Proskuryakova NL, Simakov AV, Abramov YuV. Hygienic Aspects of Special Assessment of Working Conditions with Ionizing Radiation Sources. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2022;67(4):19–23 (In Russ.)]. doi: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-19-23
8. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Звонкова И.А., Кальницкий С.А., Сарычева С.С., Шацкий И.Г., Научные основы радиационной защиты в современной медицине том 1. *Лучевая диагностика, Под редакцией профессора М.И. Балонova*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, 2019; 320. [Balonov MI, Golikov VYu, Vodovатов AV, Chipiga LA, Zvonova IA, Kalnitsky SA, Sarycheva SS, Shatsky IG. Scientific foundations of radiation protection in modern medicine Vol. 1. Radiation diagnostics, Edited by Professor M.I. Balonov. St. Petersburg: St. Petersburg Scientific Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev, 2019; 320 (In Russ.)].
9. Горблянский Ю.Ю. Актуальные вопросы профессиональной заболеваемости медицинских работников. *Медицина труда и промышленная экология*. 2003; 1:8–12. [Gorblyansky YuYu. Actual issues of occupational morbidity of medical workers. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2003; 1:8–12 (In Russ.)].
10. Монахов М.С., Жилияков Е.В., Монахова З.Н., Шаповалов П.Я. Концепция методологии управления профессиональными рисками врачей-хирургов. *Медицинские науки*. 2013; 5:344–9. [Monahov MS, Zhilyakov EV, Monahova ZN, Shapovalov PY. The concept of risk management methodologies professional surgeons. *Medicinskie Nauki*. 2013;5:344–9 (In Russ.)].
11. Репин Л.В. Оценка радиационного ущерба для здоровья: о возможности использования эффективной дозы для расчета числа потерянных лет здоровой жизни. *Радиационная гигиена*. 2023;16(1):52–65. [Repin LV. Radiation detriment estimation: on the possibility of effective dose usage to assess the number of years of the healthy life lost. *Radiation Hygiene*. 2023;16(1):52–65 (In Russ.)]. doi: 10.21514/1998-426X-2023-16-1-52-65
12. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М. Концепция радиационного ущерба для здоровья: история создания и возможные пути развития методологии. *Сборник трудов конференции радиационная гигиена: итоги и перспективы*, 2022; 78–80. [Repin LV, Akhmatdinov RR, Biblin AM. The concept of radiation damage to health: the history of creation and possible ways of developing the methodology. *Proceedings of the conference Radiation Hygiene: results and prospects*, 2022;78–80 (In Russ.)]. doi: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-22-31
13. Салдан И.П., Нагорняк А.С., Баландович Б.А., Поцелуев Н.Ю., Красиков А.А., Тулин Н.Ю., Кудрявский С.И. Гигиенические аспекты безопасности медицинского труда и проблема оценки профессионального риска. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1):49–54. [Saldan IP, Nagorniyak AS, Balandovich BA, Potseluev NYu, Krasikov AA, Tulin NYu, Kudryavskii SI.

- Hygienic aspects of the medical worker's safety and the problem of the evaluating professional risk. *Hygiene and Sanitation*. 2019;98(1):49–54 (In Russ.)). doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-49-54
14. Ono K, Kumasawa T, Shimatani K, Kanou M, Yamaguchi I, Kunugita N. Radiation Dose Distribution of a Surgeon and Medical Staff during Orthopedic Balloon Kyphoplasty in Japan. *Journal of Radiation Protection and Research*. 2022; 47(2):86–92. doi: 10.14407/jrpr.2021.00304
 15. Сарычева С.С. Особенности применения средств радиационной защиты для персонала рентгенохирургических операционных. *Радиационная гигиена*. 2021;14(4):76–82. [Sarycheva SS. Features of radiation protection equipment for the staff of X-ray operating rooms. *Radiation Hygiene*. 2021; 14(4):76–82 (In Russ.)). doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-76-84
 16. Eunbi Noh, Dalnim Lee, Sunhoo Park, Songwon Seo. Personal Dosimeters Worn by Radiation Workers in Korea: Actual Condition and Consideration of Their Proper Application for Radiation Protection. *Journal of Radiation Protection and Research* 2023;48(3):162–6. doi: 10.14407/jrpr.2023.00052
 17. Наркевич Б.Я. Радиационная безопасность в ядерной медицине: сообщение II. Нормативная документация. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021;66(6):18–25. [Narkevich BYa. Radiation Safety in Nuclear Medicine: Report II. Normative Documents. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2021;66(6):18–25 (In Russ.)). doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-6-18-25
 18. Голиков В.Ю., Водоватов А.В. Критический анализ и предложения по совершенствованию существующей системы радиационного контроля в рентгеновских кабинетах. *Радиационная гигиена*. 2021;14(2):39–47. [Golikov VYu, Vodovатов AV. Critical analysis and suggestions to improve the existing system of radiation control in X-ray rooms. *Radiation Hygiene*. 2021;14(2):39–47 (In Russ.)). doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-39-47
 19. Федорец А.Г. О совершенствовании методики оценки условий труда по фактору ионизирующего излучения. *АНРИ*. 2015; 1:52–61. [Fedorets AG. On improving the methodology for assessing the working conditions for ionizing radiation. *ANRI*. 2015; 1:52–61 (In Russ.)).
 20. Бажин С.Ю., Кайдановский Г.Н. Учет вклада природного фона при контроле индивидуальных доз персонала. *Радиационная гигиена*. 2021; 14(4):122–8. [Bazhin S.Yu., Kaidanovsky G.N. Consideration of the contribution of the natural background component during individual control of radiation doses to personnel. *Radiation Hygiene*. 2021; 14(4):122–8 (In Russ.)). doi: 10.21514/1998-426X-2024-14-4-122-128
 21. Sakai K, Yamada Y, Yoshida K, Yoshinaga S, Sato K, Ogata H, Iwasaki T, Kudo S, Asada Y, Kawaguchi I, Haeno H, Sasaki M. Conclusions and Suggestions on Low-Dose and Low-Dose Rate Radiation Risk Estimation Methodology. *J. Radiat. Prot. Res*. 2021;46(1):14–23. doi: 10.14407/jrpr.2020.00262
 22. Кудряшев В.А., Ким Д.С., Нуртазин Е.Р. О стандартах индивидуальной дозиметрии внешнего радиоактивного облучения. *Мир измерений*. 2016; 4:20–3. [Kudryashev VA, Kim DS, Nurtazin ER. On the standards of individual dosimetry of external radiation exposure. *Mir Izmerenij*. 2016; 4:20–3 (In Russ.)).
 23. Yokoyama S, Tsujimura N, Hashimoto M, Yoshitomi H, Kato M, Kurosawa T, Tatsuzaki H, Sekiguchi H, Koguchi Y, Ono K, Akiyoshi M, Kunugita N, Natsuhori M, Natsume Y, Nabatame K, Kawashima T, Takagi S, Ohno K, Iwai S. The Japan health physics society guideline on dose monitoring for the lens of the eye. *J. Radiat. Prot. Res*. 2022;47(1):1–7. doi: 10.14407/jrpr.2021.00276
 24. Paquet F. Internal Dosimetry: State of the Art and Research Needed. *J. Radiat. Prot. Res*. 2022; 47(4):181–94. doi: 10.14407/jrpr.2021.00297
 25. 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;12(4):29–36. [Shleenkova EN, Golikov VYu, Kaidanovsky GN, Bazhin SYu, Ilyin VA. Results of eye lens doses control of medical personnel in St. Petersburg. *Radiation Hygiene*. 2019;12(4):29–36 (In Russ.)). doi: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-29-36
 26. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2023; 368. [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2022: State report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2023; 368 (In Russ.)).
 27. Блинов Н.Н., Козловский Э.Б. Система отечественных стандартов по безопасности аппаратов и оборудования для лучевой диагностики и терапии. *Радиология-практика*. 2007; 4:68–71. [Blinov NN, Kozlovsky EB. The system of domestic standards for the safety of devices and equipment for radiation diagnostics and therapy. *Radiology – Practice*. 2007; 4:68–71 (In Russ.)).
 28. Наркевич Б.Я. Радиационная безопасность в ядерной медицине: сообщение I. Актуальные проблемы. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021; 66(1):29–36. [Narkevich BYa. Radiation safety in nuclear medicine: report I. Topical problems. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2021; 66(1):29–36 (In Russ.)). doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-29-36
 29. Рубцов В.И., Требухин А.Б., Неведов А.Ю., Ключкова, Е.В., Оленина И.В., Зиновьев В.П., Тимошенко А.Н., Исаев О.В., Богданов М.С., Богданов С.А., Егерев Т.В. Актуальные вопросы обеспечения работников радиационно-опасных производств средствами индивидуальной защиты, соответствующими установленным требованиям и условиям труда. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021; 66(4):33–6. [Rubtsov VI, Trebukhin AB, Nefedov AYU, Klockkova EV, Olenina IV, Zinoviev VP, Timoshenko AN, Isaev OV. Current Issues of Providing the Personnel of the Radiation Hazardous Facilities with Personal Protection Equipment Complying with the Requirements and Working Conditions. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2021;66(4):33–6 (In Russ.)). doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-4-33-36
 30. Трубецков А.Д., Махонько М.Н., Шкробова Н.В., Шелехова Т.В. Проблемы использования средств индивидуальной защиты в современных условиях. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(5):336–43. [Trubetskov AD, Makhonko MN, Shkrobova NV, Shelekhova TV. Problems of using personal protective equipment in modern conditions. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2023;63(5): 336–43 (In Russ.)). doi: 10.31089/1026-9428-2023-63-5-336-343