

АНАЛИЗ ДАННЫХ О ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБЛУЧЕНИИ ПЕРСОНАЛА ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ

И.В. Глотова^{1,2}, С.А. Рыжов^{1,3,4}, К.Д. Киселев^{1,2}, Ю.Н. Ликарь¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева Минздрава России, Москва

² Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва

³ Ассоциация медицинских физиков России, Москва

⁴ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, Москва

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO IONIZING RADIATION DATA ANALYSIS IN PEDIATRIC CLINIC STAFF

I.V. Glotova^{1,2}, S.A. Ryzhov^{1,3,4}, K.D. Kiselev^{1,2}, Y.N. Likar¹

¹ Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia

² National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, Russia

³ Association of Medical Physicists of Russia, Moscow, Russia

⁴ Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

Реферат

В статье представлен ретроспективный анализ результатов индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) персонала группы А многопрофильной педиатрической клиники в период с 2012 по 2024 гг. Оценка выполнена на основе данных индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ более 220 сотрудников различных подразделений. Среднее значение индивидуальной годовой дозы составило 1,05 мЗв, при этом более 90 % значений находились ниже 2 мЗв/год. Установлено, что дозы большинства сотрудников не различимы с естественным радиационным фоном. Вместе с тем, для отдельных категорий зафиксированы значения $H_p(10)$ до 12,9 мЗв/год. В работе обоснована необходимость внедрения риск-ориентированного подхода к ИДК, включая использование оперативных средств контроля доз. Предложено оптимизировать схему ИДК за счёт снижения частоты и объёма измерений для персонала, чьи дозы стабильно не превышают фоновые значения.

Ключевые слова: радиационная безопасность, профессиональное облучение, индивидуальные дозы облучения, педиатрическая клиника

Abstract

This article presents a retrospective analysis of individual dosimetric monitoring (IDM) for Category A personnel at a multidisciplinary pediatric clinic over the period from 2012 to 2024. The assessment is based on $H_p(10)$ data for more than 220 employees across various departments. The average annual individual dose was 1.05 mSv, with over 90% of values falling below 2 mSv/year. It was found that the radiation doses of most staff members were indistinguishable from natural background levels. However, for certain personnel categories, $H_p(10)$ values reached up to 12.9 mSv/year. The study substantiates the need to implement a risk-oriented approach to IDM, including the use of real-time dose monitoring tools. An optimized IDM scheme is proposed by reducing the frequency and volume of measurements for staff whose doses consistently remain at background levels.

Key words: radiation safety, radiation dose, occupational exposure, effective dose, pediatric clinic

E-mail: irina.glotova@dgoi.ru

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2026-110-2-89-99>

Введение

Обеспечение радиационной безопасности медицинского персонала при работе с источниками ионизирующего излучения (ИИИ) является одной из задач системы радиационного контроля в медицинских организациях. Действующие в России нормативные документы устанавливают основные пределы индивидуальных доз облучения персонала и закрепляют необходимость проведения индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) [1, 2].

Порядок осуществления ИДК в медицинских организациях, включая методики, периодичность измерений и количество дозиметров, определяется с учетом методических указаний, разработанных Роспотребнадзором в 2012 г. [3]. В соответствии с данным документом, термолюминесцентная дозиметрия (ТЛД) предлагается как предпочтительный метод контроля индивидуального эквивалента дозы персонала, выполняющего различные виды медицинских процедур, включая рентгенодиагностику и применение радиофармпрепаратов.

Однако, несмотря на широкое внедрение данных указаний, описанные в них методические подходы обладают рядом существенных ограничений. По сложившейся практике дозиметрического контроля в медицинских организациях измерения с оформлением результатов обычно осуществляются сторонними организациями (испытательными лабораторными центрами, лабораториями радиационного контроля и др.), аккредитованными в установленном порядке. В результате медицинские учреждения не могут самостоятельно считывать и интерпретировать данные ТЛД. Как следствие, интервал между моментом возможного радиационного инцидента и получением дозиметрической информации может достигать нескольких месяцев. То есть использование метода ТЛД не позволяет оперативно выявлять инциденты, приводящие к превышению дозовой нагрузки. Кроме того, действующие методические указания не включают стратификацию персонала по уровню радиационного риска, ограничиваясь классификацией только по типу источника излучения.

Проведенный предварительный обзор научной литературы показывает, что в медицинских организациях большая часть значений годовых индивидуальных доз персонала группы А не превышает 2 мЗв/год, что сопоставимо с фоновыми значениями [4–11]. Это ставит под

сомнение целесообразность обязательного постоянного ношения нескольких дозиметров, особенно в отделениях с низкой дозовой нагрузкой. В то же время, для сотрудников, работающих с радиофармпрепаратами (РФЛП), остаётся неурегулированным и размытым вопрос обязательного контроля дозы на критические органы, такие как кожа кистей и хрусталик глаза, несмотря на то, что по данным ряда исследований, именно эти органы получают наибольшую лучевую нагрузку.

Целью данной работы стал анализ возможности и обоснование критериев перехода к дифференцированному риск-ориентированному подходу при организации учета индивидуальных доз облучения персонала на примере многолетней динамики учета результатов ИДК персонала, полученных в НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачева Минздрава России.

Материал и методы

Дизайн исследования

Исследование представляет собой ретроспективное наблюдательное одноцентровое исследование, выполненное на базе НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева Минздрава России (далее центр). В анализ были включены данные о результатах индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) персонала группы А, полученные с января 2012 по декабрь 2024 гг.

Сбор данных

Объектом измерений был индивидуальный эквивалент дозы $H_p(10)$ персонала группы А. Индивидуальный эквивалент дозы измерен методом термолюминесцентной дозиметрии (ТЛД) с использованием детекторов ДТГ-4 (LiF:Mg,Ti). Измерения производились ежеквартально, по договору с аккредитованной лабораторией, представленные в исследовании годовые дозы являются суммой квартальных измерений. Персонал носил дозиметры на уровне груди под рентгенозащитным фартуком (при его наличии). Периодический контроль за ношением дозиметров осуществлялся заведующими отделениями, ответственным за радиационный контроль, а также сотрудниками отдела радиационной безопасности и медицинской физики. В рамках исследования принято, что все сотрудники регулярно и правильно носили дозиметры.

Характеристика выборки

В исследование включены 4595 записей измеренных значений, указанных в протоколах ИДК для 221 сотрудника, у которых была хотя бы одна запись в базе данных ИДК Центра в период, включенный в исследование. Средний возраст сотрудников на момент начала ведения ИДК – 35 лет (95 % доверительный интервал: 34–37 лет; диапазон: 21–66 лет, медиана: 33 года). Женщины составили 60 % ($n=133$), мужчины – 40 % ($n=88$). Период наблюдения для каждого сотрудника составил от 3 месяцев до 13 лет. Суммарный период наблюдения составил 13 лет.

Структура персонала группы А персонала медицинской организации представлена в табл. 1. Наибольшую долю составляют сотруд-

ники рентгенологического отделения, включая специалистов, выполняющих хирургические вмешательства под контролем рентгеновского излучения. Одной из особенностей оказания медицинской помощи детям является то, что значительное количество исследований проводится под наркозом, что обуславливает регулярное участие врачей-анестезиологов в диагностических процедурах (ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ, КТ, интервенционных исследованиях) и, как следствие, их контакт с пациентами с введенными РФЛП.

Сотрудники отдела ядерной медицины выполняют манипуляции с РФЛП, содержащими радионуклиды ^{18}F , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ и ^{123}I . Персонал отделения трансфузиологии осуществляет облуче-

Таблица 1**Распределение персонала группы А по должностям**

№ п/п	Подразделение	Должность	Число сотрудников	Процент сотрудников, %
1	Консультативное отделение	Врач-стоматолог	3	1
2	Отделение лучевой терапии (ЛТ)	Рентгенолаборант	4	2
3		Медицинский физик	4	2
4		Медицинская сестра	9	4
5		Техник-дозиметрист	6	3
6		Инженер-дозиметрист	5	2
7		Врач-радиотерапевт	16	7
8	Отдел ядерной медицины (ЯМ)	Врач-радиолог	10	5
9		Медицинская сестра	6	3
10		Рентгенолаборант	2	1
11	Отделение анестезиологии и реанимации	Врач-анестезиолог	40	18
12	Отдел радиационной безопасности и медицинской физики (РБ и МФ)	Сотрудник отдела*	4	1
13	Рентгенологическое отделение (РГ)	Врач-рентгенолог	33	15
14		Рентгенолаборант	28	13
15		Медицинская сестра	10	5
16		Врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения (РЭМДЛ)	2	1
17		Медицинская сестра операционная	1	0
18	Отделение трансфузиологии, заготовки и процессинга гемопоэтических стволовых клеток (ТФ)	Врач-трансфузиолог	7	3
19		Медицинская сестра	10	5
20	Другое	Другая	21	10

* – Должности сотрудников отдела РБ и МФ обобщены

ние компонентов крови с использованием гамма-установки на основе ^{137}Cs .

Категория “другое” включает малочисленные профессиональные группы, представленные сотрудниками с ограниченным периодом наблюдения или недостаточным числом данных для статистического анализа. К ним относятся сотрудники лаборатории молекулярной визуализации, а также младший медицинский персонал.

Статистический анализ

Для обработки данных и проведения статистических тестов использован MS Excel 2021 с надстройкой RealStatistics (табл. 2). Первичная сортировка и подготовка данных проводилась в MATLAB R2022a для приведения массивов к формату, совместимому с пакетом RealStatistics.

Таблица 2

Методы статистического анализа данных индивидуального дозиметрического контроля персонала группы А

№ п/п	Задача	Метод	Размер выборки	Уровень значимости, p	Примечание
1	Оценка наличия тренда изменения среднегодовой индивидуальной дозы за многолетний период	Тест Манна-Кендалла	Данные 221 сотрудника	$<0,05$	–
2	Анализ различий в уровнях облучения между сотрудниками разных подразделений	Критерий Краскела–Уоллиса	18 групп по должностям (848 значений годовой дозы, от 13 до 173 значений в группе)	$<0,05$	Только сотрудники со стажем ≥ 1 года
3	Множественное сравнение дозовых нагрузок между группами персонала различных подразделений	Тест множественного сравнения Данна	18 групп по должностям (848 значений годовой дозы, от 13 до 173 значений в группе)	$<0,00029$	Только сотрудники со стажем ≥ 1 года, учет поправки Бонферрони
4	Оценка зависимости индивидуальной дозы от возраста сотрудника	Корреляционный анализ (ранговый коэффициент Спирмена)	153	$<0,05$	Только сотрудники со стажем ≥ 1 года
5	Оценка зависимости индивидуальной дозы от стажа обращения с ИИИ	Корреляционный анализ (ранговый коэффициент Спирмена)	153 сотрудника	$<0,05$	Только сотрудники со стажем ≥ 1 года
6	Сравнение дозовой нагрузки между новыми и опытными сотрудниками на одинаковых должностях	U-критерий Манна–Уитни	557 пар (новый-опытный сотрудник)	$<0,05$	–
7	Оценка изменений индивидуальной дозы до и после прохождения обучения по радиационной безопасности	Критерий знаков	52	$<0,05$	Только сотрудники, отработавшие 3 года до и после обучения

Дополнительные уточнения

Для всех тестов использованы двусторонние критерии. Для ненормальных распределений использованы непараметрические тесты, нормальность была проверена с использованием теста Шапиро–Уилки.

В качестве источника информации о рабочей нагрузке использовалось число процедур, проведенных с использованием источников ионизирующего излучения, занесенных в отчет по Форме 30 с 2014 по 2024 г.

Результаты

Сравнение полученных доз с установленными пределами облучения

В соответствии с НРБ-99/2009 эффективная доза облучения персонала группы А не должна превышать 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, при этом годовая доза не должна быть более 50 мЗв в год. За

весь период наблюдения превышений нормативов зарегистрировано не было (табл. 3), что свидетельствует о достаточности средств индивидуальной и групповой защиты от ионизирующего излучения.

Анализ распределения числа сотрудников по величине годовой индивидуальной дозы показал, что от 93 % (для 2024 г.) до 100 % (для 2012 г.) измеренных значений индивидуальных годовых доз находились в диапазоне 0–2 мЗв/год (рис. 1), что составляет менее 10 % от установленного предела. Максимальная квартальная доза составила 4,65 мЗв, что в 17 раз выше среднего значения.

Тренды индивидуального облучения и взаимосвязь с рабочей нагрузкой

Замечен рост среднего значения индивидуальной дозы (в 1,8 раз за период наблюдения с 0,75 до 1,32 мЗв) и смещения максимума распределения числа сотрудников по величинам индивидуальных годовых доз в сторону больших значений (с 0,9 мЗв до 1,2 мЗв за пе-

Таблица 3

Сведения о годовых индивидуальных дозах персонала группы А организации

Год	Численность персонала гр. А	Численность персонала с годовой индивидуальной дозой в диапазоне, мЗв					Средний $H_p(10)$
		0–1	1–2	2–5	5–12,5	12,5–20*	
2012	79	67	12	0	0	0	0,75
		85 %	15 %				
2013	85	82	3	0	0	0	0,69
		96 %	4 %				
2014	91	80	9	2	0	0	0,81
		88 %	10 %	2 %			
2015	89	82	5	2	0	0	0,80
		92 %	6 %	2 %			
2016	91	49	40	1	1	0	1,15
		54 %	44 %	1 %	1 %		
2017	94	81	5	2	6	0	1,22
		86 %	5 %	2 %	6 %		
2018	99	37	59	2	0	1	1,27
		37 %	60 %	2 %		1 %	
2019	96	45	49	1	1	0	1,14
		47 %	51 %	1 %	1 %		
2020	92	60	31	1	0	0	1,10
		65 %	34 %	1 я%			
2021	101	37	60	3	1	0	1,26
		37 %	59 %	3 %	1 %		
2022	103	68	33	1	1	0	1,09
		66 %	32 %	1 %	1 %		
2023	111	43	64	3	1	0	1,25
		39 %	58 %	3 %			
2024	122	33	81	8	0	0	1,32
		27 %	66 %	7 %			

* – Персонал с годовой индивидуальной дозой, превышающей 20 мЗв, за весь период наблюдения отсутствует

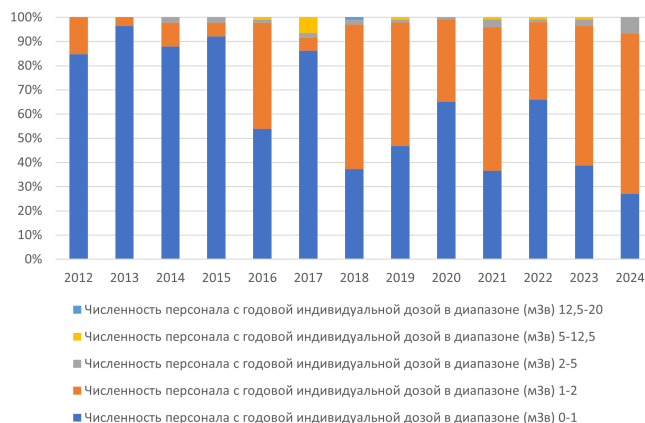


Рис. 1. Распределение числа сотрудников по величине индивидуальной годовой дозы с 2012 по 2024 г.

риод наблюдения). Проведенный анализ подтвердил статистически значимый рост годовых значений индивидуальных доз персонала группы А в организации (тест Манна-Кендалла, $Z=2,50$ и $p=0,012$), в частности врачей-стоматологов ($Z=2,81$ и $p=0,005$), сотрудников РГ ($Z=2,74$ и $p=0,006$), ЛТ ($Z=2,01$ и $p=0,04$) и среднего медицинского персонала ЯМ ($Z=2,13$ и $p=0,03$). Данный рост закономерен и связан с увеличением диагностической и терапевтической нагрузки на персонал отделений, которая выросла в 4 раза по Центру в пересчете на число исследований в соответствии с ежегодными отчетами по форме № 30.

Важно отметить, что даже при существенном увеличении объема работы, превышение пределов годовых эффективных доз пер-

сонала группы А отсутствует, если соблюдаются правила и технологии работы.

Сравнительный анализ индивидуальных доз облучения среди сотрудников различных подразделений

Среднегодовые значения индивидуального эквивалента дозы у сотрудников группы А по различным должностным категориям за период 2012–2024 гг. варьировали от 0,98 до 2,60 мЗв (рис. 2). При этом большая часть значений не отличается от фоновых.

Проведенный тест Данна с поправкой Бонферрони выявил статистически значимые различия между годовыми значениями индивидуальной дозы сотрудников и фоновыми значениями только у следующих должностных групп:

1. Медицинских сестер (ЯМ).
2. Медицинских физиков (ЛТ),
3. Инженеров-дозиметристов (ЛТ),
4. Сотрудников (РБ),
5. Врачей-радиологов (ЯМ),
6. Врачей-трансфузиологов.
7. Медицинских сестер (ТФ).
8. Врачей по РЭМДЛ.

Наибольший разброс (по СКО) доз наблюдается у техников, инженеров-дозиметристов и медицинских физиков отделения лучевой терапии, медицинских сестер отдела ядерной медицины и сотрудников отдела радиационной безопасности, что свидетельствует о высокой внутригрупповой и временной вариабельности дозовых нагрузок.

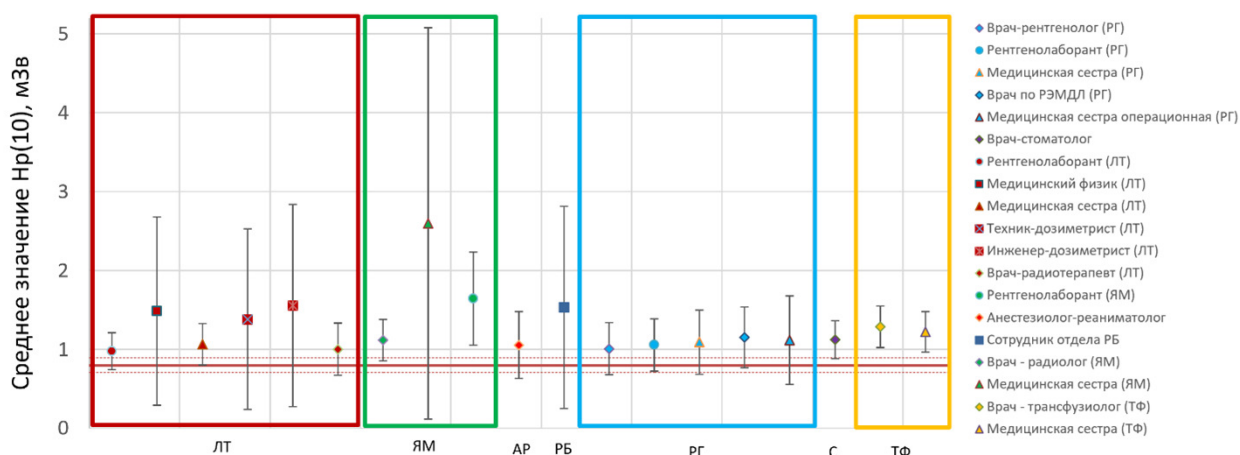


Рис. 2. Средние годовые значения персональной дозы персонала группы А по должностям

Наибольшие значения индивидуальной годовой дозы получены медицинскими сестрами отдела ядерной медицины.

Анализ результатов квартальной дозиметрии за период 2012–2024 гг. выявил выраженные аperiodические пики дозовых нагрузок у сотрудников ЛТ и РБ, что связано с проведением соответствующих (предположительно, ремонтных) работ. За остальные периоды средние значения индивидуальных доз остаются на уровне, близком к фоновому.

Оценка зависимости индивидуальной дозы от возраста сотрудника, опыта работы с ИИИ, обучения по РБ

Корреляционный анализ показал слабую положительную связь между возрастом и годовой дозой ($\rho=0,13$, $p<0,001$), слабую положительную связь между опытом работы персонала гр. А и полученной дозой ($\rho=0,27$, $p<0,05$). Слабая сила корреляции указывает на незначительное влияние возраста на дозовую нагрузку. Доза в среднем слабо увеличивается с ростом стажа, но связь недостоверна.

Сравнение доз новых и опытных сотрудников на аналогичных должностях (Mann–Whitney U-Test) также не дало систематических отличий ($r=0,055$, $p=0,066$), что подтверждает отсутствие устойчивой связи между стажем и дозой.

Для проверки изменения индивидуальной дозы персонала после прохождения обучения по РБ использован тест знаков. Поправка на рабочую нагрузку не вводилась. Медиана разницы годовых индивидуальных доз незначительно снизилась ($-0,06$ мЗв, $p=0,098$), но результат статистически не значим.

Таким образом, можно сделать вывод, что возраст, опыт работы, прохождение обучения в области РБ не являются определяющим фактором дозовой нагрузки. Полученная доза формируется под влиянием конкретных условий труда и рабочей нагрузки, а не биографических характеристик персонала.

Сравнение результатов с литературными данными

Сопоставление полученных результатов с данными, представленными в международной литературе, представляет определённые трудности, поскольку уровни индивидуальных доз, зафиксированные в зарубежных исследованиях, как правило, существенно ниже, чем в отечественных работах. Для обеспечения сопо-

ставимости и улучшения визуализации различий было выполнено приведение наших данных к условно “чистым” значениям доз за счёт вычитания среднего значения естественного фона (см. табл. 4) [12, 13].

В целом, полученные в настоящем исследовании результаты соответствуют ранее опубликованным данным, однако выявлены заметные расхождения в уровнях облучения отдельных категорий персонала. Так, у медицинских сестёр отделения ядерной медицины годовые индивидуальные дозы оказались значительно выше, чем в аналогичных зарубежных публикациях. Возможными причинами являются отсутствие автоматизированных систем введения радиофармацевтических препаратов на основе ^{18}F , а также особенности работы с детьми, требующие тесного физического взаимодействия (успокоение, удержание, перемещение пациента вручную перед сканированием).

В то же время, дозы, полученные врачами по РЭМДЛ и операционными медицинскими сёстрами рентгенологического отделения, напротив, оказались ниже, чем в зарубежных источниках (вплоть до 19,5 мЗв/год) [14–16]. Это может быть связано с особенностями работы в педиатрической практике: более щадящими режимами работы рентгеновских аппаратов, ограниченной длительностью экспозиции, а также меньшим количеством вмешательств и их интенсивностью по сравнению с учреждениями, обслуживающими преимущественно взрослое население.

Оценка эффективности современной схемы ИДК персонала группы А в организации

Помимо соблюдения правил работы с ИИИ и достаточности средств индивидуальной и коллективной защиты в организации, подобные результаты свидетельствуют о возможной избыточности системы ИДК в данной медицинской организации в отношении лиц, измеренные значения годовой дозы которых находятся на уровне естественного радиационного фона. Полученные результаты, как показано ранее, сопоставимы с данными других организаций России и стран СНГ, а именно непревышение 10 % допустимой дозы для персонала в среднем по организации, что может быть сигналом о возможности снижения контроля за дозами существенной части персонала группы А медицинских организаций.

Таблица 4

Сравнительный анализ данных о дозах облучения персонала медицинской организации

№ п/п	Должность	Среднее годовое значение $H_p(10)$ за вычетом фона, мЗв		Среднее годовое значение $H_p(10)$ без вычета фона, мЗв	
		Полученные результаты	Литературные данные [17]	Полученные результаты	Литературные данные
1	Рентгенолаборант (ЛТ)	0,18	0,23	0,98	–
2	Медицинский физик (ЛТ)	0,69	0,49	1,49	–
3	Медицинская сестра (ЛТ)	0,26	0,23	1,06	–
4	Инженер-дозиметрист (ЛТ)	0,75	0,19	1,56	–
5	Врач-радиотерапевт (ЛТ)	0,20	0,23	1,00	–
6	Врач-радиолог (ЯМ)	0,31	–	1,12	1,8 [18]
7	Медицинская сестра (ЯМ)	1,80	0,67	2,60	2,25 [19]
8	Рентгенолаборант (ЯМ)	0,84	0,44	1,64	1,93 [19]
9	Анестезиолог-реаниматолог	0,25	0,27	1,05	–
10	Врач-рентгенолог (РГ)	0,21	–	1,01	0,87 [20]
11	Рентгенолаборант (РГ)	0,26	0,44	1,06	0,87 [20]
12	Медицинская сестра (РГ)	0,29	0,23	1,09	0,93 [20]
13	Врач по РЭМДЛ (РГ)	0,35	0,42	1,15	7,1 [21]
14	Медицинская сестра операционная (РГ)	0,32	0,24	1,12	7,1 [21]
15	Врач-стоматолог	0,32	0,32	1,12	–

При этом указанные ранее недостатки ТЛД для оперативного контроля, а также относительно высокие нагрузки персонала, осуществляющего работы с РВ (особенно с ^{18}F) и нестандартные операции (например, ремонтные работы устройств, являющихся ИИИ) указывают на возможную недостаточность используемой системы ИДК.

Полученные результаты подтверждают необходимость внедрения риск-ориентированного подхода к ИДК персонала группы А (табл. 5). Такой подход предполагает дифференциацию методов и частоты контроля в зависимости от уровня потенциального радиационного риска, а не формальное равное измерение всех сотрудников независимо от реальной дозовой нагрузки.

В частности, для сотрудников с устойчиво фоновыми или близкими к фоновым значениями доз (менее 1 мЗв/год), возможна

оптимизация периодичности ИДК или отказ от ИДК в пользу группового дозиметрического контроля (ГДК). Это позволит снизить нагрузку на лаборатории и затраты организации без ущерба для радиационной безопасности.

Напротив, для медицинских сестёр отдела ядерной медицины, а также сотрудников отделения лучевой терапии (ЛТ) и отдела радиационной безопасности (РБ) при выполнении нестандартных или нестандартных работ необходимо усиление контроля за счёт внедрения оперативных методов ИДК с использованием дозиметров реального времени, так как ТЛД не позволяют своевременно выявить кратковременные превышения из-за высокого порога регистрации и задержки получения данных.

Особое внимание также должно уделяться категориям с непредсказуемыми индивидуальными дозами – в первую очередь, это новые сотрудники, временно привлечённый персо-

Таблица 5

Критерии применения рискориентированного подхода к дозиметрическому контролю персонала

Уровень риска	Критерии	Вид РК	Рекомендации
Низкий риск	Неразличимые с фоновыми показателями значения индивидуальных доз	Групповой дозиметрический контроль (ГДК) и рандомизированные подтверждающие измерения	Снижение затрат на ИДК
Средний риск	Умеренные дозы при стандартных процедурах	Ежеквартальный ИДК	Соблюдение действующих правил
Высокий риск	Работа с РФЛП, нестандартные операции, неопытные сотрудники и новые должности	ИДК с прямопоказывающими дозиметрами	Усиление контроля за дозами персонала

нал, а также должности, по которым отсутствует историческая дозиметрическая статистика. Для таких категорий рекомендуется устанавливать повышенный уровень контроля до получения устойчивых данных, позволяющих оценить реальный риск.

Выводы

За весь период деятельности центра с использованием ИИИ не зарегистрировано превышений допустимых уровней индивидуально-го облучения персонала группы А. У большинства сотрудников годовые дозы составляют менее 10 % от установленного предела в 20 мЗв в год, что свидетельствует о высокой эффективности системы радиационной безопасности и соблюдении регламентированных процедур работы с ИИИ.

Проведённый статистический анализ показал, что единственным достоверным фактором, влияющим на индивидуальную дозовую нагрузку, является профессиональная (производственная) нагрузка, выражающаяся в количестве выполняемых диагностических или терапевтических процедур. Возраст, стаж работы, а также факт прохождения обучения по радиационной безопасности не оказывают статистически значимого влияния на величину индивидуальной дозы. Установлено, что наблюдаемый рост среднегодовых индивидуальных доз с 2012 по 2024 гг. коррелирует с увеличением объёма медицинских процедур, при этом даже при высоких нагрузках соблюдение технологий работы исключает достижение предельных доз.

Значения индивидуальных доз большинства сотрудников не отличаются от естественного радиационного фона, за исключением ряда должностей: медицинские сёстры отдела ядерной медицины, медицинские физики и инженеры-дозиметристы отделения лучевой терапии, сотрудники отдела радиационной безопасности, врачи-радиологи, врачи-трансфузиологи и их медицинские сёстры, врачи по радионуклидной и эндоскопической диагностике. Указанные категории требуют особого внимания с точки зрения организации ИДК.

Результаты исследования находятся в соответствии с ранее опубликованными данными, как отечественными, так и зарубежными. Исключения, обнаруженные для отдельных должностей (например, врачей по РЭМДЛ и медсестёр ЯМ), объясняются спецификой работы с педиатрическими пациентами, а также отсутствием специализированных защитных устройств и автоматизированного оборудования, что приводит к увеличению персональных доз.

На основании полученных данных предлагается внедрение риск-ориентированного подхода к организации индивидуального дозиметрического контроля персонала группы А. Такой подход включает отказ от ежеквартального ИДК для персонала с устойчиво фоновыми показаниями индивидуальных дозиметров в пользу методов ГДК и подтверждающих измерений, усиление контроля (например, применение прямопоказывающих дозиметров) для критических категорий сотрудников, а именно групп повышенного облучения, новых сотрудников или сотрудников на новых должностях, сотрудников, выполняющих нестандартные процедуры.

Список литературы

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. НРБ-99/2009. Нормы радиационной безопасности. Norms of the Radiation Safety NRB-99/2009 (In Russ).
2. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)
3. МУ 2.6.1.3015-12. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций: метод. указания.
4. Хакимова НУ, Малышева ЕЮ, Шосафарова ШГ. Дозы облучения персонала в радиационной диагностике. ДАН РТ. 2009. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dozy-oblucheniya-personala-v-radiatsionnoy-dagnostike> (дата обращения: 17.07.2025).
5. Федорова ЕА, Балтрукова ТБ, Мироненко ОВ и др. Дозы облучения персонала позитронной эмиссионной томографии. Проблемы медицинской микологии. 2020. №3 - Тезисы. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dozy-oblucheniya-personala-pozitronnoy-emissionnoy-tomografii> (дата обращения: 17.07.2025).
6. Сомов СС, Якушева КВ. Лучевая нагрузка персонала самарской области при проведении медицинских процедур за период 2016-2018 гг. Мед. труда и пром. экол. 2019. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/luchevaya-nagruzka-personala-samarskoy-oblasti-pri-provedenii-meditsinskih-protsedur-za-period-2016-2018-gg> (дата обращения: 17.07.2025).
7. Елизарова НВ, Роздяловская ЛФ, Николаенко ЕВ, Сычик СИ. Вопросы радиационной защиты персонала отделений ядерной медицины Республики Беларусь. Медицинские новости. 2023; 12 (351). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-radiatsionnoy-zaschity-personala-otdeleniy-yadernoy-meditsiny-respubliki-belarus> (дата обращения: 17.07.2025).
8. Ляпкало АА, Кучумов ВВ. Облучение персонала и населения при проведении медицинских рентгенологических процедур. Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2001; (3-4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obluchenie-personala-i-naseleniya-pri-provedenii-meditsinskih-rentgenologicheskikh-protsedur> (дата обращения: 17.07.2025).
9. Горбачев ДО. Обоснование системы индивидуального дозиметрического контроля при облучении персонала в здравоохранении. МНКО. 2014. №1 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-sistemy-individualnogo-dozimetricheskogo-kontrolya-pri-obluchenii-personala-v-zdravooohranenii> (дата обращения: 17.07.2025).
10. Бажин СЮ, Кайдановский ГН. Учёт вклада природного фона при контроле индивидуальных доз персонала. Радиационная гигиена. 2021; 14 (4): 122-8. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-4-122-128>.
11. Удалов ЮД, Шарапова ТВ. Особенности контроля за радиационной безопасностью в федеральном государственном бюджетном учреждении "Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии" Федерального медико-биологического агентства. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023; 68 (4): 24-7. <https://doi.org/10.33266/1024-6177-2023-68-4-24-27>
12. Медведев АЮ. Сравнительная оценка доз облучения персонала в России и за рубежом. Радиационная гигиена. 2010; 3 (2): 45-51.
13. Бажин СЮ, Шлеенкова ЕН, Богатырёва ВЮ. Условия труда и значения среднегодовых эффективных доз дефектоскопистов в Российской Федерации и за рубежом. Радиационная гигиена. 2023; 16 (3): 118-28. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-3-118-128>.
14. Шлеенкова ЕН. Результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала медицинских организаций. Радиационная гигиена. 2014; 7 (3): 39-43.
15. Kostova-Lefterova D, Mateev H, Aleksandrov A, et al. A 17-Years Follow-up of Occupational Radiation Doses in an Interventional Cardiology Department. Curr Med Imaging. 2024; 20: e15734056331218. <https://doi.org/10.2174/0115734056331218241004080531>. PMID: 39629568.
16. Suliman II, Salih LH, Ali DM, Alaamer AS, Al-Rajhi MA, Alkhorayef M, Bradley DA. Occupational exposure in nuclear medicine and interventional cardiology departments in Sudan: Are they following radiation protection standards? Radiation Physics and Chemistry.

- 2019; 160: 100-4. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.03.004>.
17. Baudin C, Vacquier B, Thin G, et al. Occupational exposure to ionizing radiation in medical staff: trends during the 2009-2019 period in a multicentric study. *Eur Radiol.* 2023 Aug; 33 (8): 5675-84. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-09541-z>. Epub 2023 Mar 17. PMID: 36930262; PMCID: PMC10326158.
18. Aamry A, Sulieman A, Tamam N, et al. Evaluation of the annual occupational effective doses in a SPECT/CT department. *Appl Radiat Isot.* 2022 Mar; 181: 110097. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2022.110097>. Epub 2022 Jan 6. PMID: 35063867.
19. Emad El-din M.M., Mahmoud R.M.M., Abaza A, et al. Occupational Radiation Exposure in PET/CT Units. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications.* 2017; 50 (3): 58-65.
20. Ставицкий РВ, Плаутин ОН, Болдин АВ. Радиационная безопасность персонала рентгеновских кабинетов. 2007.
21. Borrego D, Kitahara CM, Balter S, Yoder C. Occupational Doses to Medical Staff Performing or Assisting with Fluoroscopically Guided Interventional Procedures. *Radiology.* 2020 Feb; 294 (2): 353-9. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019190018>. Epub 2019 Nov 26. PMID: 31769743; PMCID: PMC6996708.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 06.02.2026. **Принята к публикации:** 19.03.2026.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 06.02.2026. **Accepted for publication:** 19.03.2026.