

## Тенденции развития компьютерной томографии в Российской Федерации в 2011–2021 гг.

П.С. Дружинина<sup>1</sup>, И.К. Романович<sup>1</sup>, А.В. Водоватов<sup>1,2</sup>, Л.А. Чипига<sup>1,3,4</sup>, Р.Р. Ахматдинов<sup>1</sup>,  
А.А. Братилова<sup>1</sup>, С.А. Рыжов<sup>5,6,7</sup>

- <sup>1</sup> 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
- <sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия
- <sup>3</sup> Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
- <sup>4</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
- <sup>5</sup> Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Департамент здравоохранения города Москвы, Москва, Россия
- <sup>6</sup> Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия
- <sup>7</sup> Ассоциация медицинских физиков России, Москва, Россия

*В статье представлен анализ структуры компьютерно-томографической диагностики по данным форм федерального государственного статистического наблюдения (радиационно-гигиенических паспортов за период 2011–2021 гг., формы № 3-ДОЗ за период 2011–2021 гг. и формы № 30 за период 2014–2020 гг.) с целью оценки состояния КТ-диагностики в Российской Федерации для выявления основных трендов развития данного вида лучевой диагностики и доз облучения пациентов. Результаты анализа показали, что за период с 2011 по 2021 г. наблюдалось значительное развитие КТ-диагностики в Российской Федерации, а именно: увеличение общего числа КТ-исследований в 6 раз с 4,6 млн до 27,6 млн, увеличение числа КТ-исследований на 1000 человек в 5,9 раз (с 32 КТ-исследований до 189 КТ-исследований на 1000 человек) и вклада КТ в коллективную дозу от медицинского диагностического облучения в 3 раза (с 26% до 77%). Число КТ-исследований на 1 КТ-аппарат в год с 2014 по 2019 г. увеличилось на 2 тыс. (52%), а в 2020 г. еще на 1,85 тыс. (32% по сравнению с 2019 г.) и достигло 7,7 тыс. Рост числа КТ-исследований был обусловлен главным образом более интенсивным использованием оборудования для КТ. Основной вклад в структуру и коллективную дозу компьютерной томографии на 2021 г. вносят исследования органов грудной клетки (58%/65%), органов брюшной полости (8%/14%), таза и бедра (3%/4%), черепа и челюстно-лицевой области (18%/7%). За период с 2011 по 2021 г. для КТ-исследований органов грудной клетки средняя эффективная доза находилась в диапазоне от 4,2 до 5,9 мЗв за исследование, для органов брюшной полости — от 6,5 до 9,2 мЗв, для таза и бедра — 5 до 6,7 мЗв, для черепа и черепно-лицевой области — 1,5 до 2,4 мЗв. Несмотря на пандемию COVID-19 и ассоциированный с ней рост КТ-диагностики в Российской Федерации, частота проведения КТ-исследований и вклад компьютерной томографии в коллективную дозу остаются более низкими по сравнению с зарубежными странами (до 3,5 раза по числу КТ-исследований на 1000 человек и до 1,6 раза по вкладу КТ в коллективную дозу).*

**Ключевые слова:** компьютерная томография, эффективная доза, Единая система контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан, форма № 3-ДОЗ, радиационно-гигиеническая паспортизация.

### Введение

На сегодняшний день компьютерная томография (КТ) является одним из наиболее точных и эффективных методов диагностики [1, 2]. Данный метод лучевой диагнос-

тики позволяет послойно получить детальные изображения внутренних органов и тканей в высоком разрешении. Высокая информативность КТ-изображений позволяет выявить множество заболеваний, таких как опухоли, ки-

### Дружинина Полина Сергеевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева  
Адрес для переписки: 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: druzhininapauline@gmail.com

сты, абсцессы, воспалительные процессы, кровоизлияния и другие патологии. КТ также может использоваться для контроля эффективности лечения и оценки состояния органов после операций. Одним из главных преимуществ КТ является его высокая точность и способность детектировать даже малейшие изменения в тканях и органах. Кроме того, КТ является быстрым и неинвазивным методом диагностики, который не требует сложной предварительной подготовки пациента [1, 2].

В течение последних 10 лет КТ активно развивается как в зарубежных странах, так и в Российской Федерации (РФ). В некоторых зарубежных странах вклад в коллективную дозу населения медицинского облучения за счет КТ уже в 2005–2008 гг. превысил вклад природного облучения [3, 4].

Особое распространение КТ получила в период пандемии COVID-19, так как стала одним из основных методов ранней и первичной диагностики данного заболевания, в том числе у детей, вследствие недостаточной чувствительности лабораторных методов диагностики [5]. В результате структура коллективной дозы от медицинского облучения в Российской Федерации претерпела значительные изменения – в 2020 г. вклад КТ в коллективную дозу увеличился до 74%. Число выполненных КТ-исследований увеличилось в 1,5 раза по сравнению с 2019 г. [6].

На сегодняшний день существуют только локальные исследования по уровням облучения пациентов, которые ограничиваются, как правило, одним регионом, а чаще лишь несколькими медицинскими организациями (МО) в этом регионе [7–13]. Выборки МО или регионов не всегда являются репрезентативными, и исследования, построенные на них, не могут достоверно описать ситуацию в Российской Федерации. Однако их можно использовать для верификации данных государственной статистики.

Для оценки реального состояния КТ-диагностики в Российской Федерации и разработки оптимизационных мероприятий необходим анализ данных по структуре КТ-диагностики, аппаратному парку и уровням облучения пациентов по всем регионам страны. Это может быть реализовано только с использованием форм федерального государственного статистического наблюдения.

**Цель исследования** – выявление основных трендов развития КТ-диагностики в Российской Федерации и эффективных доз облучения пациентов за период с 2011 по 2021 г. по данным форм федерального государственного статистического наблюдения.

### Материалы и методы

Анализ основных показателей был проведен с использованием сведений, содержащихся в основных источниках информации о структуре лучевой диагностики

и коллективных дозах облучения населения Российской Федерации: радиационно-гигиенических паспортах за период 2011–2021 гг.<sup>1</sup>; форме федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» за период 2011–2021 гг. и форме № 30 «Сведения о медицинской организации» за период 2014–2020 гг. В работе проанализированы данные из таблиц 5.1 радиационно-гигиенических паспортов Российской Федерации, таблиц 1000, 1100, 2000 и 2100 формы № 3-ДОЗ и таблиц 5113 и 5117 формы № 30. При этом использовалась методика обработки данных, представленная в предыдущих работах авторов [6].

Средние эффективные дозы (СЭД) для КТ-исследований различных анатомических областей определяли для каждого из субъектов Российской Федерации за каждый год для периода 2011–2021 гг. как отношение коллективной дозы для данного исследования к числу выполненных исследований. При этом использовали данные только из таблиц 2000 и 2100 формы № 3-ДОЗ.

Данные о численности населения Российской Федерации за исследуемый период были получены с официального сайта Федеральной службы государственной статистики [14].

Собственные данные ФБУН НИИРГ, использованные для сравнения с данными из формы № 3-ДОЗ, включают в себя выборку типичных доз пациентов при проведении нативных и контрастных КТ-исследований, собранных сотрудниками института в отдельных регионах РФ (г. Санкт-Петербург, г. Москва, Ленинградская область, Белгородская область, Ростовская область, г. Тюмень) в период с 2009 по 2022 г. Выборка собственных данных ФБУН НИИРГ сравнивалась с общими выборками по Российской Федерации по годам с 2011 по 2021 г. В общие выборки по Российской Федерации были включены СЭД из регионов за каждый исследуемый год, полученные по данным формы № 3-ДОЗ.

Статистическая обработка данных была выполнена с использованием программного обеспечения Excel и Statistica 12. Проверка распределений данных на нормальность проводилась с использованием теста Колмогорова – Смирнова (с поправкой на значимость Лиллефорса). Взаимосвязь между различными показателями оценивали с использованием метода ранговой корреляции Спирмена. Сравнение выборок данных проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа с использованием критериев Краскелла – Уоллиса и медианного теста. При подтверждении различий между выборками в дальнейшем проводилось попарное сравнение выборок с использованием теста Манна – Уитни. Для всех тестов различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

<sup>1</sup> Приказ Минздрава РФ № 239, Госатомнадзора РФ № 66, Госкомэкологии РФ № 288 от 21.06.1999 г. «Об утверждении методических указаний» (вместе с «Порядком ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий (методические указания)») [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation N 239, Gosatomnadzor of the Russian Federation N 66, Goscomecology of the Russian Federation N 288 dated 06/21/1999 "On approval of guidelines" (with the "Procedure for maintaining radiation-hygienic passports of organizations and territories (guidelines)")] (In Russ.)]

### Результаты и обсуждение

Динамика изменения частоты КТ-исследований на 1000 человек населения, общего числа КТ-исследований, коллективной дозы от КТ, а также вклада КТ в коллективную дозу в Российской Федерации в 2011–2021 гг. по данным радиационно-гигиенических паспортов представлена в таблице 1.

Общее число КТ-исследований за последние 10 лет выросло в 6 раз с 4,6 млн до 27,6 млн. При этом аналогичный рост наблюдается у показателя частоты проведения КТ-исследований на 1000 человек населения, значение которого выросло за период с 2011 по 2021 г. в 5,9 раза с 32 КТ-исследований на 1000 человек до 189 КТ-исследований на 1000 человек. Одинаковый рост обоих показателей может свидетельствовать о том, что ежегодное увеличение числа КТ-исследований происходит, прежде всего, из-за увеличения частоты их проведения и не связано с изменением численности населения Российской Федерации.

Значительное увеличение числа КТ-исследований наблюдалось в 2019–2021 гг. в период пандемии COVID-19, в течение которой КТ активно применялась в качестве метода ранней и первичной диагностики. За 2019–2021 гг. число КТ-исследований увеличилось в 2 раза с 13,5 млн до 27,6 млн исследований.

Несмотря на постоянное увеличение числа КТ-исследований в течение последних 10 лет, КТ вносит сравнительно небольшой вклад в общее число рентгеновских исследований. С 2011 по 2019 г. вклад КТ-исследований в общее число рентгеновских исследований постепенно увеличивался на 0,5% в год (с 1,9% до 4,5% соответственно). В 2020 и 2021 гг. этот вклад увеличился примерно в 2 раза по сравнению с 2019 г. и составил 8,1% и 9,8% соответственно. Однако при небольшом вкладе в общее число рентгеновских процедур КТ вносит основной вклад в коллективную дозу от медицинского диагностического облучения.

Из таблицы 1 видно, что с 2011 по 2021 г. наблюдался постоянный рост вклада КТ в коллективную дозу от медицинского диагностического облучения, который за 10 лет вырос в 3 раза – с 26% до 77%. В период с 2011 по 2019 г. происходило постепенное увеличение вклада КТ в коллективную дозу – с 26% до 56% (вклад увеличился в 2 раза за 9 лет). Увеличение коллективной дозы от КТ с 2014 г. связано с эффектом поддержки здравоохранения в результате государственных программ модернизации, увеличением числа и развитием аппаратного парка, развитием доступности КТ и, как следствие, увеличением числа КТ-исследований, в том числе высокодозовых<sup>2</sup>. Резкое увеличение вклада КТ в коллективную дозу

Таблица 1

**Динамика изменения частоты КТ-исследований на 1000 человек населения, общего числа КТ-исследований, коллективной дозы от КТ, а также вклада КТ в коллективную дозу в Российской Федерации в 2011–2021 гг. по данным радиационно-гигиенических паспортов**

[Table 1

**The dynamics of changes in the frequency of CT examinations per 1000 population, the total number of CT examinations, the collective dose from CT and the contribution of CT to the collective dose in the Russian Federation in 2011–2021 according to radiation-hygienic passports]**

Год [Year]	КД* от КТ, тыс. чел.-Зв [The collective dose from CT, pers. -Sv]	Вклад КТ в КД, % [The contribution of CT to the collective dose]	Число КТ-исследований на 1000 чел. [Number of CT examinations per 1000 population]	Число процедур КТ, млн [The total number of CT examinations]	Вклад КТ в структуру лучевой диагностики, % [Contribution of CT to the number of X-ray examinations]
2011	84,5	26	32,3	4,6	1,9
2012	80,9	30	33,6	4,8	2,0
2013	70,4	34	40,1	5,7	2,2
2014	69,4	40	49,5	7,1	2,7
2015	71,8	45	55,8	8,2	3,0
2016	75,4	48	63,2	9,3	3,3
2017	80,3	50	70,8	10,4	3,7
2018	84,4	53	81,4	12,0	4,1
2019	88,1	56	91,8	13,5	4,5
2020	117,3	73	146,8	21,5	8,1
2021	141,8	77	188,9	27,6	9,8

\* КД – коллективная доза.

<sup>2</sup> Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения». Онлайн-ресурс. Доступно по адресу: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/programms/health/info> Дата последнего обращения 13.07.2023 г. [Government Program of the Russian Federation "Health Development" Online resource. Available at: <https://minzdrav.gov.ru/ministry/programms/health/info> Last accessed 13.07.2023 (In Russ.)]

в 2020–2021 гг. связано с пандемией COVID-19 и ассоциированными с ней изменениями в аппаратном парке и структуре лучевой диагностики.

За период с 2011 по 2021 г. были определены темпы прироста для числа КТ-исследований и коллективной дозы для всех регионов Российской Федерации и страны в целом. Результаты анализа, выполненного методом линейной регрессии, показали, что между темпами прироста числа КТ-исследований и коллективной дозы наблюдается сильная положительная связь. Для выборок регионов Российской Федерации коэффициенты корреляции Спирмена находились в диапазоне от 0,55 в 2014 г. до 0,87 в 2019 г.; в среднем – 0,8,  $p < 0,05$ . Для Российской Федерации в целом коэффициент корреляции составил 0,98,  $p < 0,05$ . Это свидетельствует о том, что в Российской Федерации темпы прироста коллективной дозы при КТ идентичны темпам прироста числа КТ-исследований, и позволяет сделать вывод о повсеместном использовании табличных значений эффективных доз в рамках контроля и учета доз пациентов для заполнения формы № 3-ДОЗ.

Оценка трендов развития КТ в Российской Федерации невозможна без сравнения с зарубежной практикой. В период 2009–2018 гг. частота проведения КТ-исследований на 1000 человек в Российской Федерации была 58 КТ-исследований на 1000 человек [15] по сравнению с 208 КТ на 1000 человек в США [16] или 117 КТ на 1000 человек в Европе [15, 17].

В Российской Федерации по состоянию на 2015 г. вклад КТ в коллективную дозу составлял около 45%, в то время как во многих странах с развитой системой здравоохранения этот показатель превышал 50%, а в таких странах как Швейцария, Франция и Италия, – 70%. В настоящее время в коллективную дозу от КТ-диагностики в Российской Федерации превышает 75% (см. табл. 1).

Далее был проведен анализ структуры и коллективной дозы КТ по регионам страны, так как региональная практика может сильно отличаться между собой и зависеть от многих факторов. По результатам обработки формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ были выделены регионы с наибольшим и наименьшим количеством проведенных КТ-процедур за 2011–2021 гг.

За период 2011–2021 гг. лидирующее место по количеству проведенных КТ-исследований в основном занимала Москва. Основными регионами с наибольшим количеством проводимых КТ-исследований являлись – г. Москва, г. Санкт-Петербург, Краснодарский край, Республика Башкортостан, Свердловская и Московская области.

Регионами с наименьшим количеством проводимых КТ-исследований являлись Республика Ингушетия, Ненецкий автономный округ, Республика Калмыкия, Республика Алтай, Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область.

Совсем иная картина наблюдается при анализе частоты выполнения КТ-исследований. За период 2011–2021 гг., по данным формы № 3-ДОЗ, в топ регионов с максимальным числом КТ-исследований на 1000 человек входили следующие регионы: Сахалинская область, Магаданская область, Тюменская область, Томская область, г. Москва, Пензенская область, Республика Мордовия и Республика

Башкортостан. Например, топ-5 регионов по частоте проведения КТ-исследований в 2021 г. включал в себя Пензенскую область (330 КТ на 1000 чел.), Магаданскую область (327 КТ на 1000 чел.), Тюменскую область (325 КТ на 1000 чел.), Республику Мордовию (295 КТ на 1000 чел.), г. Москву (290 КТ на 1000 чел.). Данные показатели более чем в 1,5–2 раза превышают среднюю частоту выполнения КТ-исследований в Российской Федерации за соответствующий год (см. табл. 1).

Минимальные значения по числу КТ-исследований на 1000 человек наблюдались в регионах Северного Кавказа, Республике Крым и Еврейской автономной области. Например, в число таких регионов вошли в 2021 г. – Еврейская автономная область (80 КТ на 1000 чел.), Республика Дагестан (76 КТ на 1000 чел.), Республика Ингушетия (59 КТ на 1000 чел.), Оренбургская область (30 КТ на 1000 чел.), Чеченская Республика (27 КТ на 1000 чел.).

Набор регионов, входящих в рейтинги регионов как с наибольшими, так и с наименьшими значениями выбранных показателей, примерно постоянен. Регионы с наибольшим количеством проводимых КТ-исследований – экономически развитые регионы, с большой численностью единиц аппаратного парка, с большим количеством медицинских организаций, предоставляющих возможность проведения КТ-диагностики. Кроме того, число КТ-исследований в этих регионах может поддерживаться на высоких уровнях за счет пациентов из других регионов, в которых КТ-диагностика недоступна или не распространена. Регионы с наименьшим количеством проводимых КТ-исследований – отдаленные регионы, с невысокой численностью населения и ограниченными единицами аппаратного парка, для которых низкое число проводимых КТ-исследований ожидаемо. При этом как в рейтинг 5 регионов с наибольшими значениями, так и в рейтинг 5 регионов с наименьшими значениями по числу исследований входили регионы, которые попадали в рейтинг лишь в отдельные годы или разово (например, Воронежская область в 2013 г.). Наиболее вероятным объяснением таких разовых аномалий являются процедурные ошибки заполнения формы № 3-ДОЗ.

Динамика изменения аппаратного парка за период 2014–2020 гг. с Российской Федерации по данным формы № 30 представлена в таблице 2.

С 2014 по 2020 г. общее количество компьютерных томографов увеличилось на 39% за счет увеличения количества спиральных многосрезовых компьютерных томографов с более чем 64 срезами. Анализ формы № 30 выявил значительный рост числа томографов со сроком службы более 10 лет, который в 2020 г. достиг 20% от общего количества компьютерных томографов в России. Тенденция к увеличению количества КТ-сканеров в Российской Федерации связана как с появлением новых высокоинформативных технологий, позволяющих повысить точность и сократить время диагностики, так и с установкой в медицинских организациях в период пандемии (2019–2020 гг.) оборудования для диагностики пациентов с коронавирусной инфекцией. Следует отметить, что значимый рост компьютерных томографов наблюдался только в 2020–2021 гг. в связи с пандемией COVID-19 [6]. Увеличение числа и частоты проведения КТ-исследований в предыдущие временные периоды (см. табл. 1) обусловлены в первую оче-

## Обзоры

Таблица 2  
Динамика изменения аппаратного парка за 2014–2020 гг. в Российской Федерации по данным формы № 30  
[Table 2  
The dynamics of changes in the hardware stock in 2014–2020 in the Russian Federation according to Form No. 30]

Тип КТ [CT equipment]	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Компьютерные томографы ВСЕГО: [Computed tomographs TOTAL:]	1 612	1 714	1 717	1 767	1 819	1 874	2 246
Из них: [among them:]							
Пошаговые [Axial]	43	34	33	33	30	16	21
Спиральные односрезовые [Spiral single slice]	81	77	59	59	49	41	33
Спиральные многосрезовые [Spiral multislice]	1 461	1 588	1 613	1 664	1 724	1 817	2 187
Из числа спиральных многосрезовых компьютерных томографов: [Among spiral multislice computed tomographs:]							
< 16 срезов [< 16 slices]	188	185	166	148	143	117	99
16 срезов [16 slices]	729	788	814	843	855	866	880
32–64 среза [32–64 slices]	339	360	359	329	184	150	247
64–128 срезов [64–128 slices]	174	199	213	281	395	484	657
< 128 срезов [< 128 slices]	48	50	56	59	139	198	303
С 2 трубками [With 2 tubes]	3	6	5	6	7	–	–
Передвижные [Mobile]	–	–	–	–	–	12	22

редь более интенсивным использованием действующего оборудования. Число КТ-исследований на 1 КТ-аппарат выросло с 2014 по 2020 г. в 2 раза с 3,8 тыс. до 7,7 тыс. КТ-исследований в год.

Структура числа КТ-исследований и их вклад в суммарную коллективную дозу от КТ в зависимости от анатомической области по данным формы № 3-ДОЗ представлена в таблице 3.

Таблица 3  
Структура числа КТ-исследований и их вклада в суммарную коллективную дозу от КТ в зависимости от анатомической области

[Table 3  
The structure of the number of CT examinations and their contribution to the total collective dose from CT depending on the anatomical area]

Исследование [Examination]	КТ ОГК* [Chest CT]		КТ таз и бедро [Pelvis and hips CT]		КТ ОБП* [Abdomen CT]		КТ череп и ЧЛО* [Skull and MFR CT]	
	Вклад в ЧИ**, % [Contr. to EX**, %]	Вклад в КД***, % [Contr. to CD***, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]
2021	58	65	3	4	8	14	18	7
2020	55	63	3	4	8	15	20	8
2019	23	31	5	8	15	28	36	15
2018	23	31	5	8	14	27	36	15
2017	23	31	4	7	15	27	36	16
2016	22	30	4	8	14	27	38	17
2015	21	29	5	8	15	29	38	17
2014	21	29	5	8	14	28	38	17

Исследование [Examination]	КТ ОГК* [Chest CT]		КТ таз и бедро [Pelvis and hips CT]		КТ ОБП* [Abdomen CT]		КТ череп и ЧЛО* [Skull and MFR CT]	
	Вклад в ЧИ**, % [Contr. to EX**, %]	Вклад в КД***, % [Contr. to CD***, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]	Вклад в ЧИ, % [Contr. to EX, %]	Вклад в КД, % [Contr. to CD, %]
2013	24	27	6	9	15	29	38	18
2012	21	31	6	9	16	32	35	14
2011	19	30	6	9	15	33	34	13

\*ОГК – органы грудной клетки, ОБП – органы брюшной полости, ЧЛО – черепно-лицевая область [Chest CT; Abdomen CT; MFA – maxillofacial area]

\*\* ЧИ – суммарное число КТ-исследований, выполненных за год [EX – total number of CT examinations performed per year]

\*\* КД – суммарная коллективная доза за счет проведения КТ-исследований [CD – total collective dose due to CT examinations]

В таблице 3 представлены наиболее распространенные КТ-исследования, которые при этом в 2011–2021 гг. вносили более 4% вклада в коллективную дозу от всех видов КТ-исследований. КТ-исследования, которые проводятся часто, но не вносят значительного вклада в коллективную дозу (например, КТ исследования зубов) в данной статье не рассматривались.

Из таблицы 3 видно, что наиболее распространенными КТ-исследованиями за период 2011–2021 гг. являлись исследования ОГК, ОБП, таза и бедра, черепа и ЧЛО. За период 2011–2019 гг. по частоте проведения первое место занимали КТ-исследования черепа и ЧЛО (13–18%), второе – КТ-исследования ОГК (19–24%), третье – КТ-исследования ОБП (14–16%), четвертое – КТ-исследования таза и бедра – (4–6%).

В период пандемии COVID-19 структура КТ-исследований изменилась, и на первое место по частоте проведения исследований вышли КТ-исследования ОГК, которые вносили в 2020 г. 55% и в 2021 г. 58% в общее число КТ-исследований, второе место занимали КТ-исследования черепа и ЧЛО (2020 г. – 20%, 2021 г. – 18%), третье – КТ-исследования ОБП (2020 г. – 8%, 2021 г. – 8%), четвертое – КТ-исследования таза и бедра (2020 г. – 3%, 2021 г. – 3%). Изменение структуры КТ-диагностики в этот период связано с увеличением числа КТ-исследований ОГК для диагностики коронавирусной инфекции и уменьшением проведения других видов КТ-исследований, назначаемых в рамках плановых обследований.

В 2011–2019 гг. наибольший вклад в коллективную дозу от КТ вносили КТ-исследования ОБП и КТ-исследования ОГК. Вклад каждого из этих видов КТ-исследований составлял в среднем 30% (ОБП – мин. 27%, макс. 33%; ОГК – мин. 27%, макс. 31%). Меньший, но также существенный вклад в коллективную дозу от КТ вносили КТ-исследования черепа и ЧЛО, который составил в среднем 16% в 2011–2019 гг. (13–18%). Наименьший вклад из рас-

смотренных в таблице 3 исследований в коллективную дозу от КТ вносят КТ-исследования таза и бедра. Вклад этих исследований в 2011–2019 гг. в среднем составил 8% (7–9%). Следует отметить, что в форме № 3-ДОЗ КТ-исследования с внутривенным контрастированием не выделены в отдельную категорию и не учитываются отдельно. Вклад некоторых видов КТ-исследований, выполняющихся с использованием внутривенного контрастирования и включающих несколько фаз сканирования в коллективную дозу, может быть занижен. Так, по данным формы № 30, вклад исследований с контрастом в общее число КТ-исследований составляет 19%; для исследований черепа и ЧЛО – 6,2%, ОГК – 16%, ОБП – 50%, таза и бедра – 37%.

В период пандемии COVID-19 в 2020–2021 гг. структура коллективной дозы при КТ также началась меняться. Вследствие резкого увеличения частоты проведения КТ-исследований ОГК в 2 раза увеличился вклад этих исследований в коллективную дозу и составил в 2020 г. – 63%, а в 2021 г. – 65%. На фоне увеличения частоты проведения КТ-исследований ОГК, частота других видов исследований начала снижаться, как и их вклад в коллективную дозу. Вклад КТ-исследований ОБП и КТ-исследований черепа и ЧЛО также снизился примерно в 2 раза (ОБП: 2020 г. – 15%, 2021 г. – 14%; череп и ЧЛО: 2020 г. – 8%, 2021 г. – 7%). Вклад КТ-исследований таза и бедра в 2020–2021 гг. был наименьшим из рассмотренных исследований и также уменьшился в 2 раза в сравнении с периодом 2011–2019 гг.: в 2020 г. – 4%, в 2021 г. – 4%.

Необходимо отметить, что форма № 3-ДОЗ, действовавшая до 2022 г., предполагала возможность заполнения сведений о количестве КТ-исследований с рассчитанными дозами облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований, которые определяются на основе средних доз за процедуру, а не на основе контроля индивидуальных доз облучения пациентов<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Роспотребнадзор. Заполнение формы Федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ. Методические рекомендации. М., 2014. 34 с. [Он-лайн ресурс] – Доступно по адресу: [http://niirg.ru/PDF/MR\\_3-DOS\\_2013.pdf](http://niirg.ru/PDF/MR_3-DOS_2013.pdf) Дата последнего доступа: 03.07.2023. [46. Rospotrebнадзор. Filling out the form of the Federal State Statistical Observation No. 3-DOZ. Guidelines. Moscow, 2014 – 34 p. [Online resource] – Available at: [http://niirg.ru/PDF/MR\\_3-DOS\\_2013.pdf](http://niirg.ru/PDF/MR_3-DOS_2013.pdf) Last accessed: 07/03/2023. (In Russ.)]

[21]. Анализ формы № 3-ДОЗ показал, что в отдельных регионах Российской Федерации вклад числа расчетных

КТ-исследований в 2011–2021 гг. составлял более 50%, а в некоторых случаях доходил до 100% (табл. 4).

Таблица 4

**Вклад числа расчетных КТ-исследований в общее число КТ-исследований в 2011–2021 гг. в регионах Российской Федерации по данным формы № 3-ДОЗ**

[Table 4

**Contribution of the number of calculated CT examinations to the total number of CT examinations in 2011–2021 in the regions of the Russian Federation according to form No. 3-DOZ]**

Субъект РФ [Region of RF]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Республика Адыгея [Republic of Adygeya]	12%	21%	50%	31%	55%	63%	57%	64%	53%	53%	72%
Республика Башкортостан [Republic of Bashkortostan]	78%	66%	61%	44%	26%	34%	39%	48%	51%	59%	63%
Республика Бурятия [Republic of Buryatia]	78%	55%	69%	96%	100%	68%	63%	94%	27%	14%	34%
Республика Алтай [Republic of Altai]	100%	49%	100%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Республика Дагестан [Republic of Dagestan]	82%	32%	12%	18%	14%	51%	30%	25%	87%	100%	100%
Республика Ингушетия [Republic of Ingushetia]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Кабардино-Балкарская Республика [Kabardino-Balkarian Republic]	100%	100%	100%	100%	26%	17%	14%	11%	13%	13%	27%
Республика Калмыкия [Republic of Kalmykia]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Карачаево-Черкесская Республика [Karachayevo-Cherkessian Republic]	–	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	0%
Республика Карелия [Republic of Karelia]	85%	92%	40%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Республика Коми [Komi Republic]	5%	6%	5%	2%	2%	3%	0%	0%	0%	0%	0%
Республика Марий Эл [Republic of Mari El]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Республика Мордовия [Republic of Mordovia]	100%	100%	43%	1%	7%	35%	40%	36%	23%	8%	17%
Республика Саха (Якутия) [Republic of Sakha (Yakutia)]	59%	69%	66%	57%	52%	62%	61%	71%	80%	43%	58%
Республика Северная Осетия – Алания [Republic of North Ossetia – Alania]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Республика Татарстан [Republic of Tatarstan]	100%	100%	95%	42%	48%	49%	46%	42%	0%	0%	0%
Республика Тыва [Republic of Tuva]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	56%	90%	96%
Удмуртская Республика [Udmurtian Republic]	23%	70%	27%	38%	11%	22%	6%	6%	13%	14%	8%
Республика Хакасия [Republic of Khakassia]	33%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
Чеченская Республика [Chechen Republic]	100%	100%	100%	91%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	52%
Чувашская Республика – Чувашия [Chuvash Republic]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Алтайский край [Altai Territory]	22%	26%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Краснодарский край [Krasnodar Territory]	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

## Reviews

Продолжение таблицы 2

Субъект РФ [Region of RF]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Красноярский край [Krasnoyarsk Territory]	15%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Приморский край [Primorye Territory]	42%	19%	19%	4%	5%	0%	8%	38%	32%	32%	40%
Ставропольский край [Stavropol Territory]	100%	98%	87%	86%	82%	86%	86%	26%	9%	14%	5%
Хабаровский край [Khabarovsk Territory]	48%	75%	74%	52%	60%	78%	74%	69%	61%	60%	51%
Амурская область [Amur Region]	97%	93%	93%	100%	100%	100%	98%	100%	84%	91%	85%
Архангельская область [Arkhangelsk Region]	12%	3%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Астраханская область [Astrakhan Region]	86%	81%	37%	6%	11%	4%	22%	7%	19%	14%	6%
Белгородская область [Belgorod Region]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Брянская область [Bryansk Region]	100%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	9%	0%
Владимирская область [Vladimir Region]	20%	12%	3%	0%	1%	1%	6%	4%	1%	1%	0%
Волгоградская область [Volgograd Region]	51%	53%	40%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Вологодская область [Vologda Region]	12%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%
Воронежская область [Voronezh Region]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Ивановская область [Ivanovo Region]	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%
Иркутская область [Irkutsk Region]	59%	59%	70%	64%	68%	64%	71%	70%	20%	10%	4%
Калининградская область [Kaliningrad Region]	26%	23%	31%	36%	38%	46%	47%	54%	0%	23%	24%
Калужская область [Kaluga Region]	35%	26%	19%	1%	6%	1%	2%	0%	0%	0%	0%
Камчатский край [Kamchatka Territory]	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Кемеровская область [Kemerovo Region]	10%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Кировская область [Kirov Region]	79%	68%	69%	58%	27%	15%	22%	0%	0%	0%	0%
Костромская область [Kostroma Region]	7%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Курганская область [Kurgan Region]	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Курская область [Kursk Region]	0%	0%	4%	14%	2%	25%	0%	0%	0%	2%	25%
Ленинградская область [Leningrad Region]	19%	0%	0%	2%	0%	1%	3%	0%	0%	0%	0%
Липецкая область [Lipetsk Region]	88%	88%	100%	48%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Магаданская область [Magadan Region]	0%	0%	0%	0%	5%	5%	4%	3%	12%	16%	11%
Московская область [Moscow Region]	18%	14%	11%	12%	18%	15%	26%	9%	18%	21%	14%



## Обзоры

Продолжение таблицы 2

Субъект РФ [Region of RF]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Мурманская область [Murmansk Region]	100%	100%	94%	86%	90%	76%	94%	74%	69%	0%	0%
Нижегородская область [Nizhny Novgorod Region]	100%	97%	88%	93%	77%	77%	72%	74%	77%	62%	52%
Новгородская область [Novgorod Region]	8%	54%	37%	30%	30%	20%	20%	14%	16%	21%	37%
Новосибирская область [Novosibirsk Region]	9%	14%	17%	29%	8%	5%	1%	5%	7%	21%	2%
Омская область [Omsk Region]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Оренбургская область [Orenburg Region]	72%	80%	54%	63%	65%	77%	69%	58%	51%	68%	78%
Орловская область [Orel Region]	43%	29%	12%	34%	25%	14%	20%	14%	11%	16%	21%
Пензенская область [Penza Region]	92%	85%	85%	88%	77%	83%	77%	59%	76%	56%	4%
Пермский край [Perm Territory]	87%	73%	80%	37%	7%	10%	11%	11%	4%	1%	1%
Псковская область [Pskov Region]	50%	30%	4%	14%	14%	16%	3%	39%	9%	7%	15%
Ростовская область [Rostov Region]	30%	27%	27%	23%	13%	14%	23%	16%	16%	17%	10%
Рязанская область [Ryazan Region]	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Самарская область [Samara Region]	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Саратовская область [Saratov Region]	29%	37%	1%	18%	16%	8%	8%	10%	3%	7%	6%
Сахалинская область [Sakhalin Region]	33%	32%	60%	47%	48%	55%	65%	65%	55%	71%	100%
Свердловская область [Sverdlovsk Region]	69%	11%	13%	4%	22%	26%	26%	32%	30%	32%	30%
Смоленская область [Smolensk Region]	100%	100%	95%	94%	32%	10%	11%	4%	3%	42%	11%
Тамбовская область [Tambov Region]	34%	0%	10%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Тверская область [Tver Region]	100%	100%	98%	100%	42%	34%	29%	33%	38%	55%	65%
Томская область [Tomsk Region]	65%	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Тульская область [Tula Region]	80%	86%	17%	15%	6%	14%	0%	3%	0%	0%	0%
Тюменская область [Tyumen Region]	36%	51%	65%	8%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ульяновская область [Ulyanovsk Region]	92%	94%	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Челябинская область [Chelyabinsk Region]	5%	5%	5%	5%	3%	3%	2%	1%	2%	3%	1%
Забайкальский край [Trans-Baikal Territory]	94%	20%	50%	47%	44%	48%	46%	63%	75%	71%	76%
Ярославская область [Yaroslavl Region]	100%	100%	97%	95%	96%	100%	97%	84%	84%	84%	87%
г. Москва [Moscow]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Субъект РФ [Region of RF]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
г. Санкт-Петербург [St. Petersburg]	45%	22%	9%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	0%
Еврейская автономная область [Jewish Autonomous Region]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	94%	95%
Республика Крым [Republic of Crimea]	–	–	–	–	46%	55%	53%	80%	80%	78%	63%
Ненецкий автономный округ [Nenets Autonomous Area]	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра [Khanty-Mansi Autonomous Area – Yugra]	29%	10%	30%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Чукотский автономный округ [Chukotka Autonomous Area]	100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%	–	100%	100%
Ямало-Ненецкий автономный округ [Yamal-Nenets Autonomous Area]	100%	79%	54%	75%	68%	60%	57%	77%	72%	86%	81%
г. Севастополь [Sevastopol]	–	–	–	–	0%	51%	38%	24%	10%	11%	12%

Регионы с высоким вкладом числа расчетных КТ-исследований можно разделить на 3 основные группы. К первой группе относятся регионы, где стабильно на протяжении 10 лет наблюдался высокий вклад числа расчетных КТ-исследований, например, Республики Ингушетия, Калмыкия, Северная Осетия – Алания. Ко второй группе относятся регионы с высоким вкладом числа расчетных КТ-исследований, но который постепенно начал снижаться в течение исследуемого периода, например, Мурманская и Нижегородская области, Республика Татарстан, Ставропольский и Камчатский края. К третьей группе можно отнести регионы, в которых до определенного момента вклад числа расчетных КТ-исследований был невысоким и начал повышаться в течение исследуемого периода, например, Сахалинская область, Республика Дагестан, Забайкальский край. Высокий вклад числа расчетных КТ-исследований может объясняться процедурными ошибками при заполнении формы № 3-ДОЗ, отсутствием индивидуального контроля доз пациентов в медицинских организациях.

Распределение СЭД, полученных в результате обработки данных формы № 3-ДОЗ за период 2011–2021 гг., а также по результатам собственного сбора данных ФБУН НИИРГ в 2009–2022 гг. для КТ-исследований ОГК, ОБП, таза и бедра, черепа и ЧЛО, представлены на рисунке 1. Данные из формы № 3-ДОЗ представлены в виде общей выборки по Российской Федерации (см. Материалы и методы). Необходимо отметить, что при сборе данных ФБУН НИИРГ типичные дозы в регионах определялись отдельно для нативных КТ-исследований и КТ-исследований с контрастом. На рисунке 1 значения типичных доз для нативных и контрастных КТ-исследований были объединены в общую выборку, так как в форме № 3-ДОЗ до 2022 г. отсутствовало это разделение.

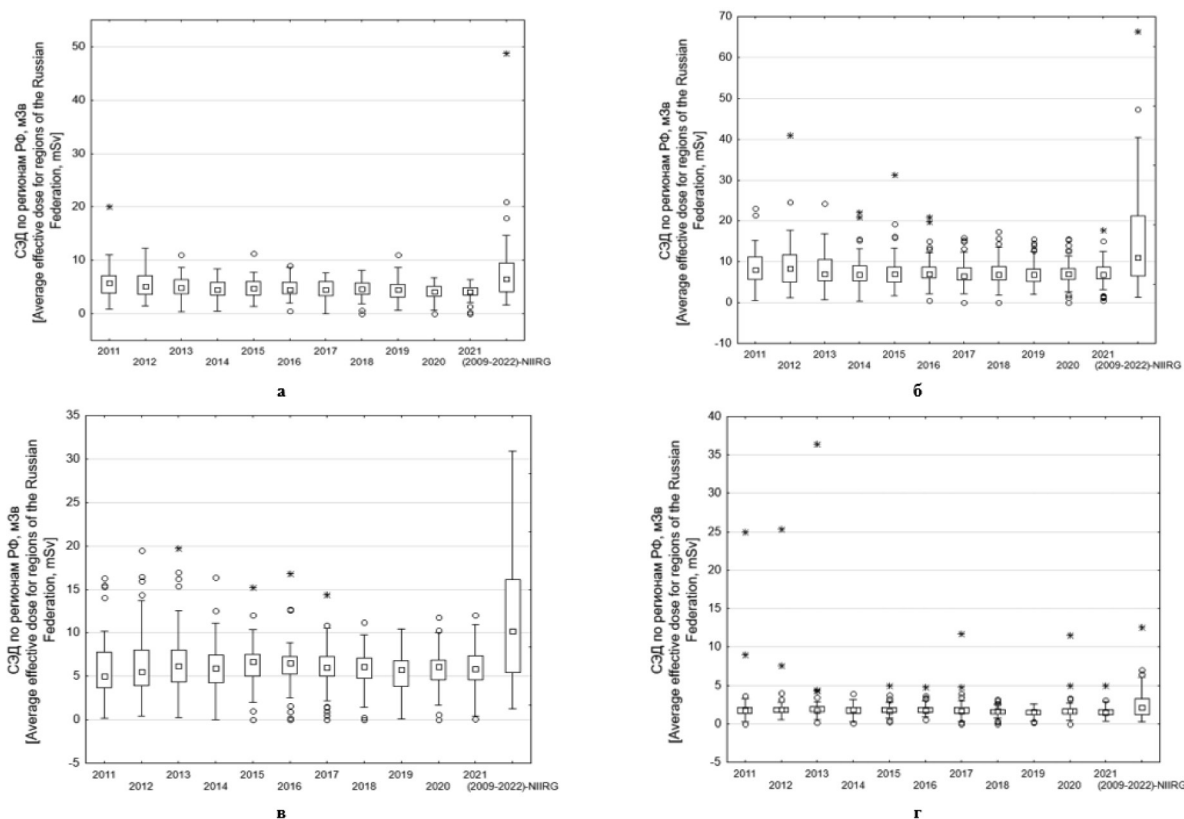
Результаты попарного сравнения СЭД из выборки собственных данных ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева и СЭД из выборок по Российской Федерации формы

№ 3-ДОЗ за каждый исследуемый год с использованием теста Манна – Уитни показали, что за период 2011–2021 гг. достоверные различия ( $p < 0,05$ ) наблюдались для всех 4 анатомических областей. Результаты попарного сравнения СЭД из выборок по Российской Федерации формы № 3-ДОЗ за каждый исследуемый год между собой с использованием теста Манна – Уитни показали, что для КТ-исследований ОГК и черепа и ЧЛО наблюдались достоверные различия; для КТ-исследований таза и бедра и ОБП достоверные различия отсутствовали.

При сравнении отдельных СЭД из регионов за каждый исследуемый год из формы № 3-ДОЗ между собой было установлено, что различия между значениями СЭД для большинства регионов не превышают 10–20%. Данное обстоятельство еще раз подчёркивает преобладающее использование типовых (табличных) значений эффективных доз при заполнении формы № 3-ДОЗ, что не позволяет адекватно использовать и интерпретировать содержащиеся в ней данные.

За период 2011–2021 гг. для КТ-исследований ОГК СЭД находились в диапазоне от 4,2 до 5,9 мЗв за исследование, для ОБП – от 6,5 до 9,2 мЗв, для таза и бедра – от 5 до 6,7 мЗв, для черепа и ЧЛО – от 1,5 до 2,4 мЗв. Отсутствие значимых различий между средними и медианными значениями СЭД для всех временных интервалов свидетельствует о нормальном характере распределения СЭД в выборке регионов Российской Федерации.

Сравнение регионов с максимальными (2011 г. – Псковская область, 2012 г. – Карачаево-Черкесская Республика, 2013 г. – Карачаево-Черкесская Республика, 2014 г. – Белгородская область, 2015 г. – Республика Бурятия, 2016 г. – Ненецкий автономный округ, 2017 г. – Ненецкий автономный округ, 2018 г. – Пензенская область, 2019 г. – Белгородская область, 2020 г. – Псковская область, 2021 г. – Республика Адыгея) и минимальными СЭД (2011 г. – Республика Адыгея, 2012 г. – Республика Адыгея, 2013 г. – Воронежская область, 2014 г. –



**Рис. 1.** Распределение СЭД за 1 КТ-исследование по данным регионов Российской Федерации формы № 3-ДОЗ за период 2011–2021 гг., а также по результатам собственного сбора данных ФБУН НИИРГ в 2009–2022 гг. для анатомических областей: а) ОГК; б) ОБП; в) таз и бедро; г) череп и ЧЛО. Графики на рисунке 1 представлены в формате: медиана, 25% – 75% перцентиль (ящик), максимальное (минимальное) значение в выборке, попадающее в 1,5 межквартильных расстояния выше 75% перцентиль (ниже 25%-перцентиль) (усы), выбросы (○) – значения выборки, попадающие от 1,5 до 3 межквартильных размахов выше 75% перцентиль (ниже 25% перцентиль), экстремальные выбросы (□) – значения выборки, попадающие от 3 межквартильных размахов выше 75%-перцентиль (ниже 25% перцентиль)

**[Fig. 1.** Distribution of average effective doses per one CT examination for regions of the Russian Federation based on the results of data analysis from form No. 3-DOZ in 2011–2021, as well as the results of the IRH's (NIIRG) own data collection in 2009–2022 for anatomical areas: a) chest; b) abdomen; c) pelvis and hips; d) skull and MFA. Graphs are presented in the format: median, 25% – 75% percentile (box), maximum (minimum) value in the sample, falling within 1.5 interquartile distances above the 75% percentile (below the 25% percentile) (whiskers), outliers (○) – sample values falling from 1.5 to 3 interquartile ranges above the 75% percentile (below 25% percentile), extreme outliers (\*) – sample values falling from 3 interquartile ranges above the 75% percentile (below the 25% percentile)]

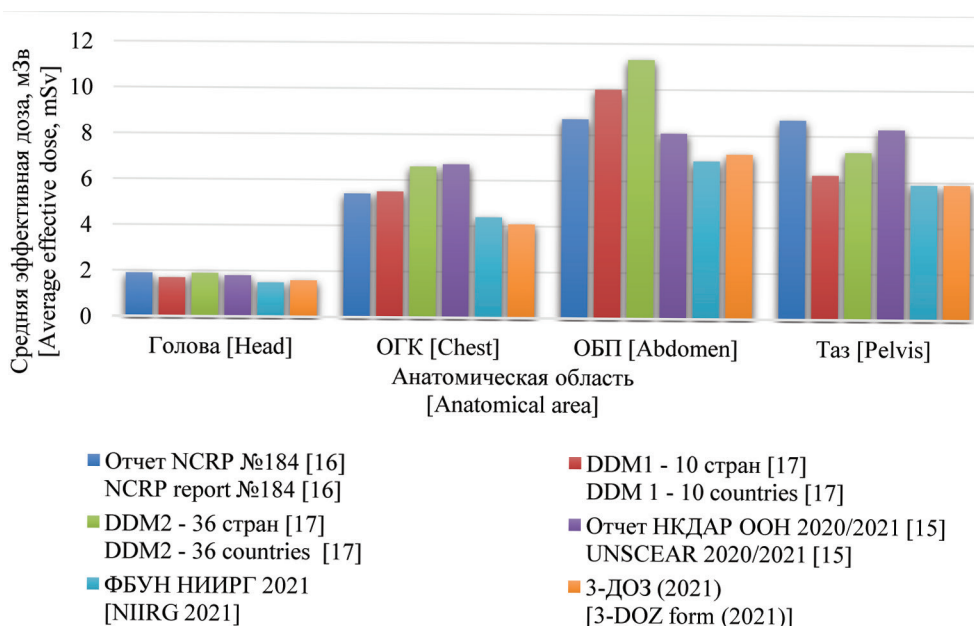
Хабаровский край, 2015–2018 гг. – Республика Крым, 2019 г. – Амурская область, 2020 г. – Республика Крым, 2021 г. – Оренбургская область) значениями с данными таблицы 4 показали, что аномальные значения наблюдались для регионов как с высоким, так и с низким вкладом измеренных доз при КТ; достоверная корреляция отсутствует. Это свидетельствует о необходимости проводить в регионах с аномально низкими СЭД при КТ-исследованиях отдельные исследования, направленные на верификацию доз облучения пациентов и на проверку качества диагностического изображения.

Сравнение средних эффективных доз облучения пациентов для основных анатомических областей при проведении КТ-исследований в Российской Федерации и зарубежных странах по результатам анализа международных отчетов и формы № 3-ДОЗ представлено на рисунке 2.

Сравнение зарубежных и отечественных СЭД показало, что в целом дозы сопоставимы, а разница между ними не превышает 30–40%. Такая разница может быть обусловлена как различиями в оценке эффективных доз

(использование разных видов программного обеспечения, использование тканевых взвешивающих коэффициентов из 103 Публикации МКРЗ в зарубежных отчетах), так и представлением в зарубежных отчетах агрегированной информации, включающей в себя КТ-исследования с контрастом.

Ранее авторами статьи [19] по опубликованным данным за 2017 г. были сделаны прогнозы о тенденциях развития КТ в Российской Федерации на ближайшее десятилетие, а именно – неуклонное увеличение вклада КТ в общее число КТ-исследований и в коллективную дозу, рост средних доз на исследование, сравнимых со средними по Европе. Нужно отметить, что прогнозы об увеличении числа КТ-исследований и увеличения вклада КТ в коллективную дозу подтвердились, главным образом из-за пандемии COVID-19 в 2020–2021 гг. Достоверный рост средних доз за 1 КТ-исследование наблюдается для анатомических областей ОГК и черепа и ЧЛО по результатам анализа формы № 3-ДОЗ. Достоверного роста средних доз за одно КТ-исследование для анато-



**Рис. 2.** Сравнение средних эффективных доз пациентов для основных анатомических областей при проведении КТ-исследований в Российской Федерации и зарубежных странах по результатам анализа международных отчетов и формы № 3-ДОЗ

**[Fig. 2.** Comparison of the average effective doses of patients for the main anatomical areas during CT examinations in the Russian Federation and foreign countries based on the results of the analysis of international reports and form № 3-DOZ]

мических областей ОБП и таза и бедра по результатам анализа формы № 3-ДОЗ, не наблюдается либо его невозможно отследить, учитывая упомянутые ранее недостатки старой версии формы. Для верификации данных формы № 3-ДОЗ необходимо продолжить собственные исследования, нацеленные на изучение уровней облучения пациентов при проведении КТ-исследований в Российской Федерации.

### Заключение

За период 2011–2021 гг. наблюдалось резкое развитие КТ-диагностики в Российской Федерации – увеличение общего числа КТ-исследований, числа КТ-исследований на 1000 человек (в 5,9 раз с 32 до 189 КТ-исследований на 1000 человек) и вклада КТ в коллективную дозу от медицинского диагностического облучения (в 3 раза с 26% до 77%). Увеличился показатель числа КТ-исследований на 1 КТ-аппарат: за период 2014–2019 гг. на 2 тыс. (52%), а в 2020 г. еще на 1,85 тыс. (32% по сравнению с 2019 г.) и достиг 7,7 тыс. При этом рост числа КТ-исследований был обусловлен главным образом более интенсивным использованием имеющегося оборудования для КТ.

Основной вклад в структуру и коллективную дозу компьютерной томографии вносят исследования ОГК (2021 г. – 58%/65%), ОБП (2021 г. – 8%/14%), таза и бедра (2021 г. – 3%/4%), черепа и ЧЛО (2021 г. – 18%/7%). При этом в период до 2020 г. максимальный вклад в число КТ-исследований наблюдался для исследований черепа и ЧЛО; в коллективную дозу – для исследований органов брюшной полости. Пандемия COVID-19 в 2020–2021 гг. стала причиной изменения структуры КТ-исследований и коллективной дозы в Российской Федерации. На пер-

вое место по вкладу в число исследований и в коллективную дозу вышли КТ-исследования ОГК.

Значения СЭД при КТ-исследованиях рассмотренных анатомических областей за период исследования значительно изменялись только для исследований ОГК и черепа и ЧЛО ( $p < 0,05$ ). Для КТ-исследований таза и бедра и ОБП СЭД изменялись незначительно. За период 2011–2021 гг. для КТ-исследований ОГК СЭД находились в диапазоне от 4,2 до 5,9 мЗв за исследование, для ОБП – от 6,5 до 9,2 мЗв, для таза и бедра – 5 до 6,7 мЗв, для черепа и ЧЛО – 1,5 до 2,4 мЗв.

За период 2011–2019 гг. Российской Федерации существенно уступала по распространенности и доступности КТ-исследований зарубежным странам. Сравнение числа КТ-исследований на 1000 человек и вклада КТ в коллективную дозу от медицинского диагностического облучения в мире и в РФ показало, что за сравниваемый период (2009–2015 гг.) в Российской Федерации эти показатели были существенно ниже, чем в зарубежных странах (до 3,5 раза по числу КТ-исследований на 1000 человек и до 1,6 раз по вкладу КТ в коллективную дозу). Даже в период пандемии COVID-19 на фоне увеличения числа КТ-аппаратов и увеличения их загрузки в Российской Федерации показатель числа КТ-исследований на душу населения достиг значения 0,12, что в 2 раза ниже этого же показателя в США в 2016 г. и сопоставимо с показателем Германии в 2015 г.

Важным для понимания тенденции развития КТ в Российской Федерации должен стать 2022 г. – год после пандемии COVID-19. Дальнейший рост числа КТ-исследований в 2022 г. или, наоборот, его стабилизация позволит сделать более подробные выводы о том, связан ли данный рост непосредственно с пандемией или

это общее стремительное развитие КТ-диагностики за счет увеличения единиц аппаратного парка, доступности и развития диагностических возможностей данного вида лучевой диагностики.

### Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Дружинина П.С. – разработка дизайна исследования, определение целей и задач исследования, обработка данных, написание статьи, оформление окончательного варианта статьи для публикации в журнал.

Романович И.К. – разработка дизайна исследования, определение целей и задач исследования, осуществление общего научного руководства исследованием, редакция промежуточного варианта статьи.

Водоватов А.В. – разработка дизайна исследования, определение целей и задач исследования, осуществление общего научного руководства исследованием, редакция промежуточного варианта статьи.

Чипига Л.А. – разработка дизайна исследования, определение целей и задач исследования, осуществление общего научного руководства исследованием, редакция промежуточного варианта статьи.

Ахматдинов Р.Р. – предоставление необходимой информации для исследования из федерального банка данных ФБУН НИИРГ, редакция промежуточного варианта статьи.

Братилова А.А. – предоставление необходимой информации для исследования из федерального банка данных ФБУН НИИРГ, редакция промежуточного варианта статьи

Рыжов С.А. – поиск и анализ литературных данных, редакция промежуточного варианта статьи.

### Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Дружинина П.С., Чипига Л.А., Рыжов С.А., и др. Современные подходы к обеспечению качества диагностики в компьютерной томографии // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 1. С. 17–33. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-1-17-33>.
2. Samei E., Pelc N.J. [Editors]. Computed Tomography: Approaches, Applications, and Operations. Springer, Switzerland. 2020. 469 p.
3. Mettler F.A. Jr., Huda W., Yoshizumi T.T., Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog // Radiology. 2008. Vol. 248, No 1. P. 254-63. doi: 10.1148/radiol.2481071451. PMID: 18566177.
4. Mettler F.A. Jr., Bhargavan M., Faulkner K., et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources--1950-2007 // Radiology. 2009. Vol. 253, No 2. P. 520-31. doi: 10.1148/radiol.2532082010. Epub 2009 Sep 29. PMID: 19789227.
5. Vodovатов AV, Romanovich IK, Istorik OA, Eremina LA, Morozov SP, Ryzhov SA et al. Preliminary assessment of structure and collective dose from CT examinations related to COVID-19 diagnostics in the Russian Federation in march – june 2020 // MedRxiv. 2020. 13 p. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.08.25.20181396>.
6. Попова А.Ю., Водоватов А.В., Романович И.К. и др. Влияние пандемии COVID-19 на структуру лучевой диагностики и коллективные дозы населения Российской Федерации при медицинском облучении в 2020 г. // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 6-39. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-3-6-39>.
7. Маткевич Е.И., Сеницын В.Е., Мершина Е.А. Сравнительный анализ доз облучения пациентов при компьютерной томографии в федеральном лечебном учреждении // Вестник рентгенологии и радиологии. 2016. Т. 97, № 1. С. 33-39. DOI 10.20862/0042-4676-2016-97-1-33-40. EDN VSNXGX.
8. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А., и др. Современные уровни медицинского облучения в России // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 3. С. 67-79. EDN WBFKND.
9. Chipiga L., Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian federation // Radiation Protection Dosimetry. 2016. Vol. 169, No. 1. P. 240-244. DOI 10.1093/rpd/ncv516. EDN WUWDIJ.
10. Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А. и др. Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009-2014 гг. // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 66-75. DOI 10.21514/1998-42602017-10-3-66-75. EDN ZMQTIT.
11. Братилова А.А., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А. Уровни облучения пациентов при проведении рентгеновской компьютерной томографии в медицинских организациях Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 3. С. 33-38. EDN SVJUJR.
12. Голиков В.Ю., Балонов М.И., Кальницкий С.А. и др. Уровни облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований в Санкт-Петербурге и Ленинградской области // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4, № 1. С. 5-13. EDN NRBIQJ.
13. Рыжов С.А., Водоватов А.В., Солдатов И.В. и др. Предложения по совершенствованию системы радиационной безопасности при медицинском облучении. Часть 1. Анализ информации, содержащейся в государственных отчетных формах и информационных базах данных, на примере города Москвы // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 92-109. DOI 10.21514/1998-426X-2022-15-3-92-109. EDN DYUPWO.
14. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Он-лайн ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения: 03.07.2023).
15. UNSCEAR. Report to the General Assembly. Volume 1. Scientific annex A: Evaluation of medical exposure to ionizing radiation// UNSCEAR 2020/2021 report. 2022. 344 p.
16. NCRP. Medical Radiation Exposure of Patients in the United States// NCRP REPORT No. 184. 2019. 310 p.
17. European Commission. Medical Radiation Exposure of the European Population Part 1/2// Radiation protection N° 180. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. 181 p.
18. Водоватов А.В., Чипига Л.А., Братилова А.А., и др. Актуализация формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований». Предпосылки к переработке // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 2. С. 126-136. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-2-126-136>.
19. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Современные принципы обеспечения радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения в медицине. Часть 2. Радиационные риски и совершенствование системы радиационной защиты. Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 2. С. 6-24. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-2-6-24>.

Поступила: 18.07.2023 г.

**Дружинина Полина Сергеевна** – младший научный сотрудник, лаборатория 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: druzhininapauline@gmail.com

**Романович Иван Константинович** – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор 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

**Водоватов Александр Валерьевич** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; доцент кафедры гигиены, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

**Чипига Лариса Александровна** – кандидат технических наук, 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; научный сотрудник Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова; доцент кафедры ядерной медицины и радиационных технологий Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

**Ахматдинов Руслан Расимович** – младший научный сотрудник Информационно-аналитического центра, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, Санкт-Петербург, Россия

**Братилова Анжелика Анатольевна** – старший научный сотрудник, исполняющая обязанности заведующего лабораторией внутреннего облучения, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Россия, Санкт-Петербург, Россия

**Рыжов Сергей Анатольевич** – научный сотрудник Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы; начальник отдела радиационной безопасности и медицинской физики Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, вице-президент Ассоциации медицинских физиков России; Москва, Россия

**Для цитирования:** Дружинина П.С., Романович И.К., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Ахматдинов Р.Р., Братилова А.А., Рыжов С.А. Тенденции развития компьютерной томографии в Российской Федерации в 2011–2021 гг. // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 3. С. 101-117. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-101-117

## Trends in the development of computed tomography in the Russian Federation in 2011–2021

Polina S. Druzhinina<sup>1</sup>, Ivan K. Romanovich<sup>1</sup>, Aleksandr V. Vodovatov<sup>1,2</sup>, Larisa A. Chipiga<sup>1,3,4</sup>, Ruslan R. Akhmatdinov<sup>1</sup>, Anzhelika A. Bratilova<sup>1</sup>, Sergey A. Ryzhov<sup>5,6,7</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup>A. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

<sup>4</sup>Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

<sup>5</sup>Research and Practical Clinical Centre of Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>6</sup>Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>7</sup>Association of Medical Physicists of Russia, Moscow, Russia

*The article presents the analysis of the structure of computed tomography diagnostics according to the forms of the federal state statistical observation (radiation-hygienic passports in 2011–2021, forms № 3-DOZ in 2011–2021 and forms № 30 in 2014–2020) in order to assess the status of CT diagnostics in the Russian Federation and identify the main trends in the development of this type of radiation diagnostics and patient doses. In 2011–2021, there was a sharp development of CT diagnostics in the Russian Federation – an increase in the number of CT examinations per 1000 people (up to a factor of 5.9 – from 32 CT examinations per 1000 people to 189 CT examinations per 1000 people) and the contribution of CT in the collective dose from medical diagnostic exposure (3 times from 26% to 77%). The number of CT examinations per 1 CT device from 2014 to 2019 increased by 2 thousand (52%), and in 2020 by another 1.85 thousand (32% compared to 2019) and reached 7.7 thousand. The increase in the number of CT examinations was mainly due to the increased use of CT equipment. The main contribution to the structure and collective dose of computed tomography in 2021 is made by examinations of chest (58%/65%), abdomen (8%/14%), pelvis and hips (3%/4%), skull and maxillofacial area (18%/7%). In 2011–2021 for chest CT examinations, the average effective dose was in the range from 4.2 to 5.9 mSv per examination, for abdomen – from 6.5 to 9.2 mSv, for pelvis and hips – 5 to 6.7 mSv, for skull and maxillofacial area – 1.5 to 2.4 mSv. The COVID-19 pandemic in 2020–2021 caused a change in the structure of CT examinations and collective dose in the Russian Federation – the chest CT examinations occupied the first place of the contribution to the number of examinations and the collective dose. The number of CT examinations per 1000 people and the contribution of CT to the collective dose from medical diagnostic exposure in the Russian Federation were significantly lower than those in foreign countries (up to a factor of 3.5 in the number of CT examinations per 1000 people and up to a factor of 1.6 of the contribution of CT to the collective dose).*

**Key words:** computed tomography, effective dose, The unified system of control and accounting of individual exposure doses of citizens, form No. 3-DOZ, radiation-hygienic certification

### Personal contribution of authors

Polina S. Druzhinina – developed the design of the survey, defined the goals and objectives, data processing, wrote the manuscript, and arranged the final version of the manuscript for publication in the journal.

Ivan K. Romanovich – developed the design of the survey, defined the goals and objectives, provided general scientific management of the project and edited the interim version of the manuscript.

Aleksandr V. Vodovatov – developed the design of the survey, defined the goals and objectives, provided general scientific management of the project and edited the interim version of the manuscript.

Larisa A. Chipiga – developed the design of the survey, defined the goals and objectives, provided general scientific management of the project and edited the interim version of the manuscript.

Ruslan R. Akhmatdinov – provided the necessary information for the project from the federal data bank of the FBUN NIIRG, edited the interim version of the manuscript.

Anzhelika A. Bratilova – provided the necessary information for the project from the federal data bank of the FBUN NIIRG, edited the interim version of the manuscript.

Sergey A. Ryzhov – searched and analyzed of literature data, edited the interim version of the manuscript.

### Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

### References

1. Druzhinina PS, Chipiga LA, Ryzhov SA, Vodovatov AV, Berkovich GV, Smirnov AV, et al. Proposals for the Russian quality assurance program in computed tomography. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(1): 17–33. (In Russian) <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-1-17-33>

**Polina S. Druzhinina**

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

**Address for correspondence:** Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: druzhininapauline@gmail.com

2. Samei E, Pelc NJ. [Editors]. Computed Tomography: Approaches, Applications, and Operations. Springer, Switzerland; 2020. 469 p.
3. Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology*. 2008;248(1): 254-63. doi: 10.1148/radiol.2481071451. PMID: 18566177.
4. Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007. *Radiology*. 2009;253(2): 520-31. doi: 10.1148/radiol.2532082010. Epub 2009 Sep 29. PMID: 19789227.
5. Vodovatov AV, Romanovich IK, Istorik OA, Eremina LA, Morozov SP, Ryzhov SA et al. Preliminary assessment of structure and collective dose from CT examinations related to COVID-19 diagnostics in the Russian Federation in march – june 2020. *MedRxiv*. 2020:13. doi:https://doi.org/10.1101/2020.08.25.20181396.
6. Popova AY, Vodovatov AV, Romanovich IK, Ryzhov SA, Druzhinina PS, Akhmatdinov RR. The impact of the COVID-19 pandemic on the maturation of radiation diagnostics and collective doses of the population of the Russian Federation under medical irradiation in 2020. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022;15(3): 6-39. (In Russian) https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-3-6-39.
7. Matkevich EI, Sinitsyn VE, Mershina EA. Comparative survey of radiation doses to patients in computed tomography in a federal hospital. *Vestnik rentgenologii i radiologii = Journal of radiology and nuclear medicine*. 2016;97(1): 33-39. (In Russian) https://doi.org/10.20862/0042-4676-2016-97-1-33-40.
8. Balonov MI, Golikov VYu, Zvonova IA, Kalnitsky SA, Repin VS, Sarycheva SS, et al. CURRENT LEVELS OF MEDICAL EXPOSURE IN RUSSIA. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(3): 67-79. (In Russian).
9. Chipiga L, Bernhardtsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian federation. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;169(1): 240-244. DOI 10.1093/rpd/ncv516. EDN WUWDIJ.
10. Vodovatov AV, Golikov VYu, Kalnitsky SA, Shatsky IG, Chipiga LA. Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3): 66-75. (In Russian) https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75.
11. Bratilova AA, Golikov VYu, Kalnitsky SA. Exposure levels of patients during computed tomography in medical organizations of Saint-Petersburg and Leningrad region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(3): 33-38. (In Russian).
12. Golikov VYu, Balonov MI, Kalnitsky SA, Bratilova AA, Sarycheva SS, Shazky IG, et al. Exposure levels of patients during radiological examinations in St. Petersburg and the Leningrad region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(1): 5-13. (In Russian).
13. Ryzhov SA, Vodovatov AV, Soldatov IV, Lantukh ZA, Mukhortova AN, Druzhinina YuV, et al. Proposals for Improving the System of Radiation Safety in Medical Exposure. Part 1. Analysis of information contained in state reporting forms and information databases in Moscow. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022;15(3): 92-109. (In Russian) https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-3-92-109.
14. Official website of the Federal State Statistics Service. – Available from: https://rosstat.gov.ru/ (Accessed: 07.03.2023).
15. UNSCEAR. Report to the General Assembly. Volume 1. Scientific annex A: Evaluation of medical exposure to ionizing radiation// UNSCEAR 2020/2021 report. 2022. 344 p.
16. NCRP. Medical Radiation Exposure of Patients in the United States// NCRP REPORT No. 184. 2019. 310 p.
17. European Commission. Medical Radiation Exposure of the European Population Part 1/2// Radiation protection N° 180. – Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2014. 181 p.
18. Onischenko GG, Popova AY, Romanovich IK, Vodovatov AV, Bashketova NS, Istorik OA, et al. Modern principles of the radiation protection from sources of ionizing radiation in medicine. Part 2: radiation risks and development of the system of radiation protection. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(2): 6-24. (In Russian) https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-2-6-24.
19. Vodovatov AV, Chipiga LA, Bratilova AA, Druzhinina PS, Shatskiy IG, Petryakova AV, et al. Update of the federal governmental statistical surveillance form № 3-DOZ “Data on patient doses from medical X-ray examinations”. Prerequisites for the update. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(2): 126-136. (In Russian) https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-2-126-136.

Received: July 18, 2023

**For correspondence: Polina S. Druzhinina** – junior research fellow, Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, 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: druzhininapauline@gmail.com)

**Ivan K. Romanovich** – Dr. Sc. Med., Prof., Academician of Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

**Aleksandr V. Vodovatov** – PhD, lead research fellow, Head of the Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, docent of the Department of General Hygiene, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

**Larisa A. Chipiga** – Ph.D., research fellow, Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being; research fellow, Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies; docent, Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

**Anzhelika A. Bratilova** – senior researcher, interim head of the Laboratory of internal exposure, 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



**Ruslan R. Akhmatdinov** – junior research fellow, Information-analytical center of the 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

**Sergey A. Ryzhov** – research fellow in the Research and Practice Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, head of the radiation safety and medical physics department of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, vice president of the Association of Medical Physicists in Russia, Moscow, Russia

**For citation: Druzhinina P.S., Romanovich I.K., Vodovatov A.V., Chipiga L.A., Akhmatdinov R.R., Bratilova A.A., Ryzhov S.A. Trends in the development of computed tomography in the Russian Federation in 2011–2021. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023. Vol. 16, No. 3. P. 101-117. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-101-117**