

Анализ уровней медицинского облучения населения Российской Федерации в 2023 г. с использованием актуализированной формы № 3-ДОЗ

А.В. Водоватов^{1,2}, Е.А. Косарлукова¹, А.М. Библин¹, Р.Р. Ахматдинов¹, А.А. Братилова¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Введение: Для успешного решения задач по оптимизации радиационной защиты при медицинском облучении необходимо обладать информацией об уровнях облучения пациентов и структуре лучевой диагностики в медицинских организациях в Российской Федерации. Основным источником данных по уровням облучения пациентов и структуре лучевой диагностики является форма государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. Целью настоящего исследования являлась комплексная оценка результатов заполнения формы № 3-ДОЗ за 2023 год. **Материалы и методы:** В работе использовались данные формы № 3-ДОЗ на уровне субъектов Российской Федерации, полученные из Федерального банка данных по индивидуальным дозам облучения граждан при проведении медицинских диагностических рентгенорадиологических процедур. **Результаты исследования и обсуждение:** Коллективная доза от медицинского облучения у взрослого населения увеличилась на 34 % по сравнению с 2022 г. Максимальный рост коллективных доз наблюдался для рентгенографических (81 %), радионуклидных (49 %) и интервенционных (57 %) исследований. Впервые за последние пять лет рост коллективных доз для рентгенорадиологических процедур не сопровождался идентичным ростом числа исследований, что свидетельствует о росте средних и индивидуальных эффективных доз пациентов. Средняя эффективная доза за счет медицинского облучения на одного жителя Российской Федерации в 2023 г. увеличилась более чем в полтора раза: 1,12 мЗв по сравнению с 0,86 мЗв в 2022 г. Рост коллективных доз для различных видов лучевой диагностики обусловлен ростом средних эффективных доз для различных рентгенорадиологических процедур в регионах Российской Федерации. Максимальные различия в средних эффективных дозах наблюдаются для рентгенографических процедур (рост вплоть до 2,5 раз по сравнению с 2022 г.). **Заключение:** Данные изменения средних эффективных доз могут быть обусловлены как ошибками в расчетах эффективных доз и заполнения формы №3-ДОЗ, так и объективными изменениями в аппаратном парке и/или протоколах проведения рентгеновских процедур. При этом ряд регионов Российской Федерации, напротив, представил anomalно низкие средние эффективные дозы. Для идентификации причин anomalно высоких и/или низких эффективных доз при проведении процедур лучевой диагностики необходима разработка и апробация методики верификации данных, представляемых в форме №3-ДОЗ.

Ключевые слова: ЕСКИД, форма №3-ДОЗ, медицинское облучение, пациенты, коллективная доза, эффективная доза, рентгенорадиологические процедуры.

Analysis of medical exposure levels of the Russian Federation population in 2023 using the updated form No. 3-DOZ

Aleksandr V. Vodovатов^{1,2}, Elena A. Kosarlukova¹, Artem M. Biblin¹, Ruslan R. Akhmatdinov¹, Anzhelika A. Bratilova¹

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

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Водоватов Александр Валерьевич

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

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Aleksandr V. Vodovатов

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

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

Introduction: To successfully address the challenges of optimizing radiation protection during medical exposure, it is essential to have information on patient exposure levels and the structure of diagnostic radiology in medical organizations across the Russian Federation. **Materials and Methods:** The primary source of data on patient exposure levels and the structure of diagnostic radiology is the Form No. 3-DOZ, a part of the Unified state statistical monitoring system for controlling and recording individual radiation doses of citizens. The aim of this study was to comprehensively evaluate the results of completing Form No. 3-DOZ for 2023. The study utilized data from the Form No. 3-DOZ at the level of the constituent entities of the Russian Federation, obtained from the Federal Database on Individual Radiation Doses of Citizens during medical diagnostic X-ray radiological procedures. **Results and Discussion:** The collective dose from medical exposure among the adult population increased by 34 % in 2023 compared to 2022. The most significant increases in the collective doses were observed for radiographic (81 %), radionuclide (49 %), and interventional (57 %) procedures. For the first time in the past five years, the increase in collective doses for X-ray radiological procedures was not accompanied by a corresponding increase in the number of procedures, indicating a rise in average and individual effective doses for patients. The average effective dose per resident of the Russian Federation due to medical exposure in 2023 increased by more than one and a half times: 1.12 mSv compared to 0.86 mSv in 2022. The increase in collective doses for various types of diagnostic radiology is driven by the rise in average effective doses for different X-ray radiological procedures across regions of the Russian Federation. The greatest variations in average effective doses were observed for radiographic procedures (an increase of up to 2.5 times in 2023 compared to 2022). **Conclusion:** These changes in average effective doses may be attributed to errors in calculating effective doses and completing the Form No. 3-DOZ, as well as to objective changes in the equipment fleet and/or protocols for conducting X-ray procedures. At the same time, several regions of the Russian Federation reported anomalously low average effective doses. To identify the reasons for abnormally high and/or low effective doses during diagnostic radiology procedures, it is necessary to develop and test a methodology for verifying the data submitted in the Form No. 3-DOZ.

Key words: ISDCR, Form No. 3-DOZ, medical exposure, patients, collective dose, effective dose, X-ray radiological procedures.

Введение

Медицинское облучение на протяжении последних лет является крупнейшим техногенным фактором воздействия ионизирующего излучения на население Российской Федерации [1]. На медицинское облучение приходится около 20 % вклада в общую коллективную дозу от всех источников. В отличие от всех остальных видов облучения, медицинским можно управлять, поддерживая дозы облучения пациентов на приемлемом уровне [2, 3]. Приемлемой дозой облучения в таком случае является минимальная доза, при которой обеспечивается получение необходимой диагностической информации, или достижение необходимого терапевтического эффекта [4]. Управление дозами медицинского облучения на практике реализуется посредством оптимизации радиационной защиты пациента и применения программ обеспечения качества^{1,2}.

Для успешного решения задач по оптимизации радиационной защиты при медицинском облучении необходимо обладать информацией об уровнях облучения пациентов и структуре лучевой диагностики в медицинских организациях в Российской Федерации на различных уровнях: отдельного рентгеновского аппарата, отдельной медицинской организации, субъекта Российской Федерации, всей Российской Федерации [5]. Анализ трендов медицинского облучения и структуры лучевой диагностики, обоснование принятия управленческих решений по управлению дозами медицинского облучения возможны только на основе достоверной информации, прошедшей необходимую верификацию [5, 6].

Introduction

Medical exposure has been the largest human-made source of ionizing radiation exposure for the population of the Russian Federation in recent years [1]. Approximately 20 % of the total collective dose from all sources is attributed to medical exposure. Unlike other types of radiation exposure, medical exposure can be managed by ensuring that patient radiation doses remain at an acceptable level [2, 3]. The acceptable dose in this case is the minimal dose necessary to obtain the required diagnostic information or achieve the desired therapeutic effect [4]. The management of medical radiation doses is implemented through optimizing radiation protection of patients and implementing quality assurance programs^{1,2}.

To achieve effective optimization of radiation protection from medical exposure, it is essential to collect accurate information on patient doses and the structure of X-ray diagnostics in the Russian Federation at different levels, including individual X-ray units, medical facilities, regional and national level [5]. The analysis of trends of medical exposure and structure of X-ray diagnostics, as well as the justification for decision-making in radiation dose management, is only possible when reliable, verified data are available [5, 6].

At present, the primary source of data on patient doses and the structure of X-ray diagnostics in the Russian Federation is Form No. 3-DOZ, a state statistical surveillance tool within the Unified System for Monitoring and Recording Individual Radiation Doses of Citizens (ESKID)³. This form has been

¹Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 N 40 (ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» (вместе с «СП 2.6.1.2612-10. ОСПОРБ-99/2010. Санитарные правила и нормативы...») (Зарегистрировано в Минюсте России 11.08.2010 N 18115) [Sanitary rules and norms SP2.6.1.2612-10 "Basic sanitary rules of the provision of the radiation safety (OSPORB 99/2010)". (Registered in the Ministry of Justice of Russia on 11.08.2010 N 41970) (In Russ.)]

²СанПин 2.6.1.2891-11 «Требования радиационной безопасности при производстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации (утилизации) медицинской техники, содержащей источники ионизирующего излучения» [Sanitary Regulations and Standards 2.6.1.2891-11 "Radiation safety requirements for the production, operation and decommissioning (disposal) of medical equipment containing sources of ionizing radiation" (In Russ.)]

³Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31 июля 2000 года № 298 «Об утверждении Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 298 of 31 July 2000 'On Approval of the Regulations on the Unified System for Monitoring and Recording Individual Radiation Doses of Citizens' (In Russ.)]

В настоящий момент в Российской Федерации основным источником данных по уровням облучения пациентов и структуре лучевой диагностики является форма государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД)³. Данная форма действует с 1996 г. и позволяет на регулярной (ежегодной) основе собирать необходимые данные из всех медицинских организаций страны. Аналоги формы №3-ДОЗ в международной практике отсутствуют. Основным на текущий момент недостатком формы №3-ДОЗ является отсутствие механизмов верификации представленных данных по дозам облучения пациентов [5, 7].

В 2022 году форма №3-ДОЗ была актуализирована и модифицирована с учетом изменений в структуре отечественной лучевой диагностики. Процедуры лучевой диагностики с высокими дозами облучения пациентов выделены в отдельные столбцы и/или графоклетки. Также впервые в отечественной и международной практике на государственном уровне организован отдельный учет рентгенорадиологических процедур, выполненных детским пациентам. Для повышения достоверности собираемых данных из программного обеспечения для заполнения формы №3-ДОЗ была исключена возможность использования типовых (стандартных) эффективных доз пациентов для расчета коллективной дозы. В 2023 г. сбор данных по медицинскому облучению от всех организаций проводился с использованием новой формы №3-ДОЗ [5, 6].

Изменения в форме №3-ДОЗ, безусловно, приведут к изменению в качестве и объемах собираемых данных. Необходимо проанализировать изменения в структуре лучевой диагностики, коллективной дозе за счет медицинского облучения и средних эффективных дозах для наиболее распространенных рентгенорадиологических процедур, по результатам сбора данных 2023 г.

Цель исследования – комплексная оценка результатов заполнения формы № 3-ДОЗ за 2023 год.

Материалы и методы

В работе использовались данные формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» на уровне субъектов Российской Федерации, полученные из Федерального банка данных по индивидуальным дозам облучения граждан при проведении медицинских диагностических рентгенорадиологических процедур за 2023 год.

В качестве основных проанализированных показателей выбрали коллективную дозу от медицинского облучения (чел.-Зв), число диагностических рентгенорадиологических исследований, и среднюю эффективную дозу (СЭД) за процедуру лучевой диагностики (мЗв). Расчет СЭД за процедуру проводили с использованием выражения.

$$СЭД = \frac{КД}{n} \cdot 1000, \text{ мЗв}$$

где КД – коллективная доза от выбранного метода лучевой диагностики или от выбранной рентгенорадиологической процедуры, чел.-Зв; n – число рентгенорадиологических процедур для выбранного метода лучевой диагностики или выбранной рентгенорадиологической процедуры, шт.

used since 1996 and allows for the systematic (annual) collection of required data from all medical facilities across the country. There are no direct international analogs to Form No. 3-DOZ. However, one of the key drawbacks of the form is the absence of verification mechanisms for the reported patient dose data [5, 7].

In 2022, Form No. 3-DOZ was updated and modified to reflect changes in the structure of the national X-ray diagnostics. High-dose X-ray procedures were categorized separately. Additionally, for the first time in both national and international practice, a state-level registry for pediatric X-ray procedures was introduced. To enhance data reliability, the software for filling out Form No. 3-DOZ was revised to prevent the use of standard (typical) effective dose values for collective dose calculations. In 2023, data collection on medical exposure from all facilities was conducted using the updated Form No. 3-DOZ [5, 6].

The changes in Form No. 3-DOZ will inevitably lead to changes in the quality and volume of collected data. It is necessary to analyze changes in the structure of X-ray diagnostics, collective doses from medical exposure, and average effective doses for the most common X-ray procedures based on the 2023 data collection results.

The objective of this study is to conduct a comprehensive assessment of the results obtained from Form No. 3-DOZ for 2023.

Materials and Methods

The study utilized data from the federal state statistical reporting form No. 3-DOZ, "Information on Patient Radiation Doses During Medical X-ray and X-ray Examinations" at the level of subjects of the Russian Federation. These data were obtained from the Federal Database on Individual Radiation Doses of Citizens during medical diagnostic X-ray procedures and in nuclear medicine in 2023.

The primary analyzed indicators included the collective dose from medical exposure (man -Sv), the number of diagnostic X-ray procedures performed, and the average effective dose (AED) per diagnostic procedure (mSv). The AED per procedure was calculated using the following formula:

$$AED = \frac{CD}{n} \cdot 1000, \text{ mSv}$$

where CD – collective dose from the selected X-ray diagnostic method or specific X-ray procedure, measured in person-Sv; n – number of X-ray procedures for the selected X-ray diagnostic method or specific X-ray procedure, measured in units.

Data from Tables 1100 and 2100 for collective dose and number of radiology procedures for X-ray procedures, and Table 3000 for radionuclide procedures were used to analyze the 2022 outdated form No. 3-DOZ. Data from Tables 2100 and 2200 for collective dose and number of X-ray procedures for adult patients, 2300 and 2400 for pediatric patients, and Tables 3100 and 3200 for radionuclide diagnostic procedures for both adult and pediatric patients were used for the analysis of the updated form No. 3-DOZ for 2023.

To calculate the average effective dose per inhabitant of the Russian Federation, the total collective dose from all types of radiation diagnostics was divided by the population of the Russian Federation in 2023 (143.8 million inhabitants⁴).

⁴ Доступно по ссылке: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/WVP_na_dushu_s1995-2023.xls (Дата обращения: 01.02.2025) [Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/WVP_na_dushu_s1995-2023.xls (Accessed: February 01.02.2025) (In Russ.)]

Для анализа неактуализированной формы №3-ДОЗ за 2022 г. использовали данные из таблиц 1100 и 2100 для коллективной дозы и числа рентгенорадиологических процедур соответственно для процедур рентгеновской диагностики, и таблицы 3000 – для процедур радионуклидной диагностики. Для анализа актуализированной формы №3-ДОЗ за 2023 г. использовали данные из таблиц 2100 и 2200 для коллективной дозы и числа рентгеновских процедур соответственно для взрослых пациентов; 2300 и 2400 – для коллективной дозы и числа рентгеновских процедур соответственно для детских пациентов; таблиц 3100 и 3200 – для радионуклидных диагностических исследований для взрослых и детских пациентов соответственно.

Для расчета средней эффективной дозы на одного жителя Российской Федерации суммарную коллективную дозу от всех видов лучевой диагностики разделили на численность населения Российской Федерации в 2023 г. (143,8 млн жителей⁴).

Для анализа применяли методы описательной статистики с использованием программного обеспечения SPSS Statistics и Microsoft Excel. Сравнение отдельных параметров между группами выполнялось с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Различия считали достоверными с $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки изменения структуры лучевой диагностики и коллективной дозы за счет медицинского диагностического облучения в Российской Федерации представлены в таблицах 1 и 2 соответственно. За 2023 г. представлены объединенные данные для взрослых и детских пациентов. Результаты, представленные в таблице 1, демонстрируют незначительное увеличение числа диагностических рентгенорадиологических процедур в 2023 г. В 2023 году число всех диагностических рентгенорадиологических процедур возросло до 297 миллионов по сравнению с 283 миллионами в 2022 году (рост составил 5 %).

Рост числа процедур был зафиксирован для всех видов лучевой диагностики (табл. 1) за исключением флюорографии (снижение на 3 %). Число рентгенографических процедур увеличилось на 8 %, процедур компьютерной томографии и интервенционных исследований – на 8 % и 12 % соответственно. Число диагностических радионуклидных исследований также выросло на 18 %. Максимальный рост был зафиксирован для процедур, отнесенных к категории «Прочие», – на 178 %. Это может быть объяснено появлением в новой форме №3-ДОЗ четких критериев отнесения процедур к данной категории [6].

Коллективная доза за счет диагностического медицинского облучения в 2023 году выросла с 123 тыс. чел.-Зв в 2022 году до 182 тыс. чел.-Зв (рост на 34 %). Коллективные дозы увеличились для всех видов лучевой диагностики за исключением процедур, отнесенных к категории «Прочие» (что, как уже было отмечено ранее, объясняется четким отнесением конкретного вида лучевой диагностики с фиксированными дозами за процедуру к данной категории). Максимальный рост коллективных доз наблюдался для рентгенографических (81 %), радионуклидных (49 %) и интервенционных (57 %) исследований. Впервые за последние пять лет рост коллективных доз для рентгенорадиологических процедур не сопровождался идентичным ростом числа исследований, что свидетельствует о росте средних и индивидуальных эффективных доз пациентов [7].

Структура лучевой диагностики в 2023 г. не претерпела значительных изменений. В ней по-прежнему преобладают рентгенография (2023 г. – 65,3 %, 2022 г. – 63 %) и флюорография (2023 г. – 24,4 %, 2022 г. – 27 %). Вклад компьютерной томографии составил 8,6%; все остальные высокотехнологичные методы лучевой диагностики вносят менее 2 % вклада. Детальные сведения о структуре лучевой диагностики в 2023 г. представлены на рисунке 1.

Descriptive statistical methods were used for analysis, employing SPSS Statistics and Microsoft Excel software. The Mann-Whitney U test was applied to compare different parameters between groups, with statistical significance set at $p < 0.05$.

Results and discussion

The results of the assessment of changes in the structure of X-ray diagnostics and collective dose from diagnostic medical exposure in the Russian Federation are presented in Tables 1 and 2, respectively. For 2023, combined data for adult and pediatric patients is presented.

The results presented in Table 1 demonstrate a slight increase in the number of diagnostic X-ray procedures in 2023. The total number of all diagnostic X-ray procedures increased to 297 million in 2023 compared to 283 million in 2022 (a 5 % increase).

An increase in the number of procedures was observed for all types of radiological diagnostics (Table 1), except for fluorography, which showed a 3 % decrease. The number of radiographic procedures increased by 8 %, computed tomography (CT) and interventional examinations by 8 % and 12 %, respectively. The number of diagnostic nuclear medicine procedures also increased by 18 %. The highest increase was recorded for procedures categorized as "Other" (178 %), which can be explained by the introduction of clear classification criteria in the new Form No. 3-DOZ [6].

The collective dose from diagnostic medical exposure in 2023 increased from 123,000 person-Sv in 2022 to 182,000 person-Sv (a 34 % increase). Collective doses increased for all types of X-ray diagnostics except for procedures classified as "Other" (which, as previously noted, is explained by the clear classification of specific X-ray imaging modalities with fixed doses in this category). The highest increase in collective doses was observed for radiographic (81 %), nuclear medicine (49 %), and interventional (57 %) procedures. For the first time in the last five years, the increase in collective doses for X-ray procedures was not accompanied by an identical increase in the number of procedures, indicating an increase in average and individual effective patient doses [7].

The structure of X-ray diagnostics in 2023 did not change significantly. It continues to be dominated by radiography (65.3 % in 2023 vs. 63 % in 2022) and fluorography (24.4 % in 2023 vs. 27 % in 2022). Computed tomography accounted for 8.6 %, while all other high-tech X-ray diagnostic methods contributed less than 2 %. Detailed information on the structure of X-ray diagnostics in 2023 is presented in Figure 1.

The change in the ratio of fluorographic and radiographic examinations is due to the introduction of clearer rules for filling out Form No. 3-DOZ. In particular, fluorographic examinations include only chest examinations conducted as part of preventive screenings on digital or analog fluorographs and X-ray units. Examinations of other anatomical areas are properly classified as radiographic examinations in accordance with the new instructions for filling out Form No. 3-DOZ starting from 2023. Detailed data on the structure of the collective dose from medical diagnostic exposure in 2023 are provided in Figure 2. The highest contributions to the collective dose were from computed tomography (69.1 % in 2023 vs. 74 % in 2022), radiography (11.9 % in 2023 vs. 9 % in 2022), interventional procedures (8.2 % in 2023 vs. 7 % in 2022), and nuclear medicine procedures (5.3 % in 2023 vs. 5 % in 2022).

Таблица 1

Изменение числа рентгенорадиологических процедур за период 2022-2023 гг.

[Table 1]

Change in the number of radiological procedures during the period 2022-2023]

Вид лучевой диагностики [Imaging modality]	Число рентгенорадиологических процедур, тыс. шт. [Number of X-ray procedures, thousand]		% изменения в 2023 г. [% of change in 2023]
	2022	2023	
Флюорография [Fluorography]	74885	72524	-3
Рентгенография [Radiography]	180491	194333	8
Рентгеноскопия [Fluoroscopy]	1093	1139	4
Компьютерная томография [Computed tomography]	23627	25631	8
Интервенционные исследования [Interventional examinations]	1770	1989	12
Радионуклидная диагностика [Diagnostic nuclear medicine]	719	851	18
Прочие [Other]	383	1063	178
Всего [Total]	282967	297531	5

Таблица 2

Изменение коллективной дозы от медицинского облучения в период 2022-2023 гг.

[Table 2]

Change in the collective dose from medical radiation during the period 2022-2023]

Вид лучевой диагностики [Imaging modality]	Коллективная доза, чел –Зв Collective dose, man. - Sv		% изменения 2023 г. [% of change in 2023]
	2022	2023	
Флюорография [Fluorography]	4024	5644	40
Рентгенография [Radiography]	10829	19652	81
Рентгеноскопия [Fluoroscopy]	2547	3141	23
Компьютерная томография [Computed tomography]	90880	114229	26
Интервенционные исследования [Interventional examinations]	8654	13611	57
Радионуклидная диагностика [Diagnostic nuclear medicine]	5866	8743	49
Прочие [Other]	333	334	0,3
Всего [Total]	123133	165354	34

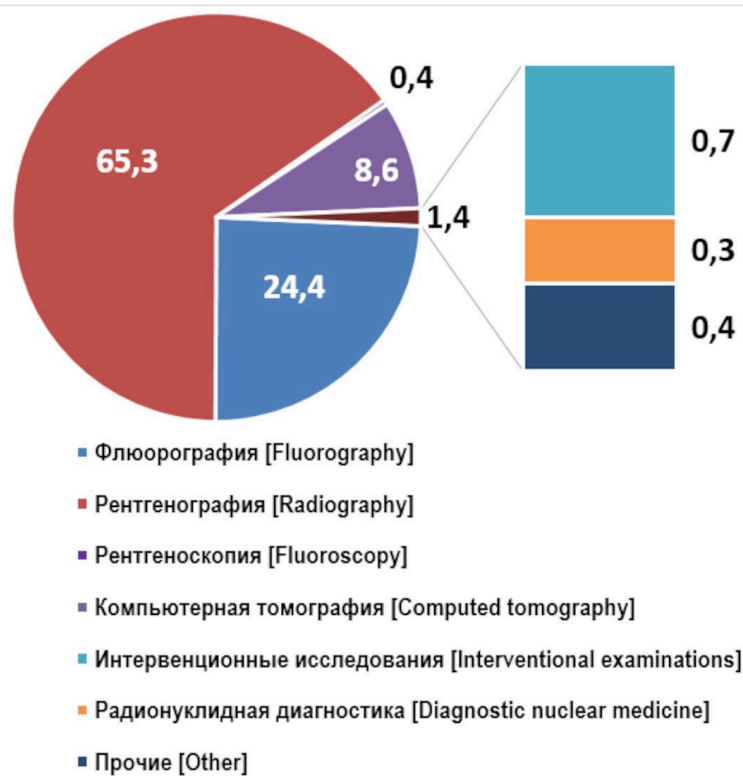


Рис. 1. Структура лучевой диагностики в Российской Федерации в 2023 г.
[Fig. 1. Structure of radiological diagnostics in the Russian Federation in 2023]

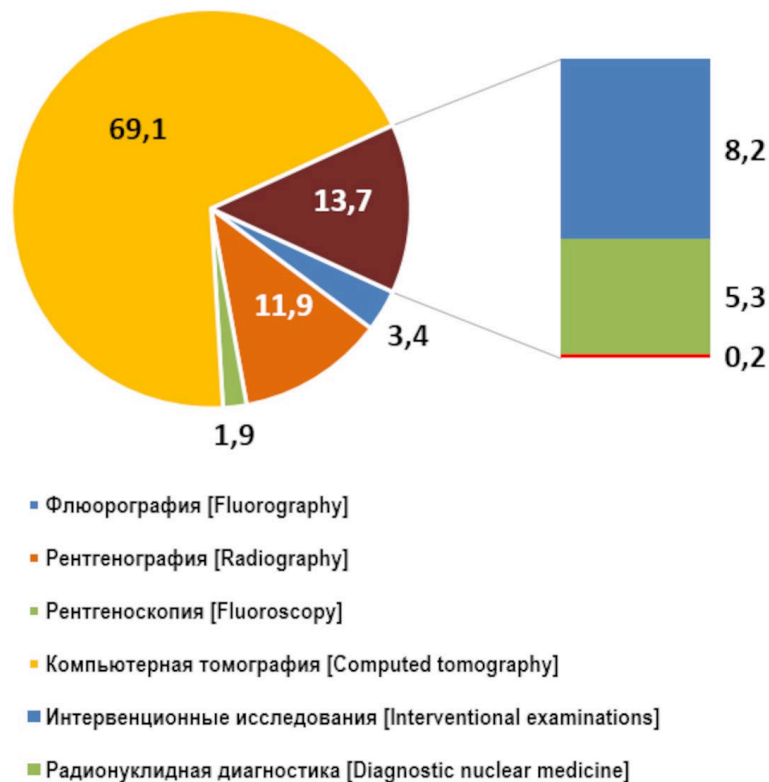


Рис. 2. Структура коллективной дозы за счет медицинского облучения в Российской Федерации в 2023 г.
[Fig. 2. Structure of collective dose from medical exposure in the Russian Federation in 2023]

Изменение соотношения флюорографических и рентгенографических исследований обусловлено внедрением более четких правил по заполнению формы №3-ДОЗ. В частности, к флюорографическим исследованиям относятся только исследования органов грудной клетки, выполненные в рамках профилактических исследований на цифровых или аналоговых флюорографах и рентгеновских аппаратах; исследования прочих анатомических областей в соответствии с новой инструкцией по заполнению формы №3-ДОЗ с 2023 г. правильно учитываются как рентгенографические исследования [6].

Детальные сведения о структуре коллективной дозы за счет диагностического медицинского облучения в 2023 г. представлены на рисунке 2. Наибольший вклад в коллективную дозу в 2023 г. внесли: компьютерная томография – 69,1 % (2022 г. – 74 %), рентгенография – 11,9 % (2022 г. – 9 %), интервенционные исследования – 8,2 % (2022 г. – 7 %) и радионуклидные исследования – 5,3 % (2022 г. – 5 %).

Основным достоинством актуализированной формы №3-ДОЗ является возможность отдельного учета рентгено-радиологических процедур, выполненных детским пациентам. Вклад данных процедур в структуру лучевой диагностики и коллективной дозы от диагностических рентгено-радиологических исследований представлен на рисунках 3 и 4 соответственно.

Результаты анализа данных, полученных в 2023 г., показывают, что детям выполняется 12 % от общего числа всех рентгенографических исследований и 2–5 % от всех КТ-исследований, интервенционных (специальных) исследований и диагностических радионуклидных исследований. При этом вклад детских рентгено-радиологических исследований в коллективную дозу от медицинского облучения составляет в среднем всего 3 % (от 9 % при проведении рентгенографии до 2–3 % для других видов лучевой диагностики), что может быть объяснено преимущественным использованием низкодозовых протоколов проведения исследований, оптимизированных под педиатрическую практику.

Средняя эффективная доза за счет медицинского облучения на одного жителя Российской Федерации в 2023 г. увеличилась более чем в полтора раза: 1,12 мЗв по сравнению с 0,86 мЗв в 2022 г. Аналогичное изменение зафиксировано и для средней эффективной дозы на одну рентгено-радиологическую процедуру (рисунок 5).

Максимальные годовые эффективные дозы медицинского облучения в среднем на одного жителя в 2023 году были зарегистрированы в Краснодарском крае (2,73 мЗв), Санкт-Петербурге (1,98 мЗв), Москве (1,97 мЗв), Хабаровском крае (1,63 мЗв), Иркутской (1,61 мЗв) и Магаданской (1,52 мЗв) областях. В 29 субъектах Российской Федерации годовые эффективные дозы медицинского облучения в среднем на одного жителя в 2023 году превысили 1 мЗв.

Значения средних эффективных доз в 2023 г. являются максимальными за последние 5 лет и превосходят аналогичные показатели в период пандемии COVID-19. Для определения причин такого изменения целесообразно проанализировать выборки средних эффективных доз для регионов Российской Федерации, полученных по результатам измерений, для наиболее распространенных рентгеновских процедур в 2022 и 2023 гг. Результаты анализа представлены на рисунках 6–9 для рентгенографических, рентгеноскопических и компьютерно-томографических процедур (без контраста и с контрастом) соответственно. Данные за 2022 г. представлены без деления по возрастным категориям пациентов в связи с тем, что сбор данных для детских пациентов начался только с 2023 г.

Результаты, представленные на рисунках 6–9, позволяют сделать следующие выводы:

- для всех рассмотренных рентгеновских процедур СЭД у детских пациентов достоверно ниже (тест Манна-Уитни, $p < 0,05$) по сравнению с СЭД у взрослых;
- по сравнению с 2022 в 2023 году СЭД у взрослых пациентов выросли для всех рассмотренных рентгеновских процедур, за исключением компьютерной томографии органов грудной клетки. Результаты сравнения представлены в таблице 3.

A key advantage of the updated Form No. 3-DOZ is the ability to separately account for X-ray procedures performed on pediatric patients. The contribution of these procedures to the structure of radiation diagnostics and collective dose from diagnostic X-ray radiologic examinations is presented in Figures 3 and 4, respectively.

The analysis of data obtained in 2023 shows that pediatric patients account for 12 % of all radiographic procedures and 2–5 % of all CT scans, interventional procedures, and diagnostic nuclear medicine procedures. However, the contribution of pediatric X-ray procedures to the collective dose from medical exposure is, on average, only 3 % (ranging from 9 % for radiography to 2–3 % for other types of X-ray diagnostics). This can be explained by the predominant use of low-dose imaging protocols optimized for pediatric practice.

The average effective dose from medical exposure per capita in the Russian Federation has increased by a factor of 1.5 in 2023: 1.12 mSv compared to 0.86 mSv in 2022. A similar change was recorded for the average effective dose per X-ray procedure (Figure 5).

The highest annual effective medical exposure doses per capita in 2023 were recorded in Krasnodar Krai (2.73 mSv), Saint Petersburg (1.98 mSv), Moscow (1.97 mSv), Khabarovsk Krai (1.63 mSv), Irkutsk Oblast (1.61 mSv), and Magadan Oblast (1.52 mSv). In 29 regions of the Russian Federation, the annual effective medical exposure doses per capita exceeded 1 mSv in 2023.

The average effective dose values in 2023 are the highest in the last five years and exceed those recorded during the COVID-19 pandemic. To determine the causes of these changes, it is advisable to analyze samples of average effective doses for regions of the Russian Federation obtained from measurements for the most common X-ray procedures in 2022 and 2023. The results of this analysis are presented in Figures 6–9 for radiographic, fluoroscopic, and computed tomography procedures (both with and without contrast). The 2022 data is presented without age group differentiation, as data collection for pediatric patients began only in 2023.

The results presented in Figures 6–9 led to the following conclusions:

- For all considered X-ray procedures, the effective dose in pediatric patients is significantly lower (Mann-Whitney test, $p < 0.05$) compared to that in adults;
- Compared to 2022, the effective dose in adult patients increased for all considered X-ray procedures in 2023, except for chest CT. The comparative results are presented in Table 3.

As shown in Table 3, the most significant differences were observed for chest radiography, where the effective dose increased by a factor of 2.5 in 2023. The decrease in the effective dose for CT can be explained by the separate accounting of procedures using contrast agents, which led to the exclusion of such high-dose procedures from the overall sample. The increase in effective dose for fluoroscopic procedures and CT of the skull is due to clearer classification criteria. Specifically, dental procedures performed on cone-beam CT scanners were reassigned from the "skull" category to the "teeth" category.

- Some regions of the Russian Federation exhibit abnormally low effective doses (Figures 6–9). Effective dose values, at which a quality X-ray examination is practically impossible, should be considered anomalous.

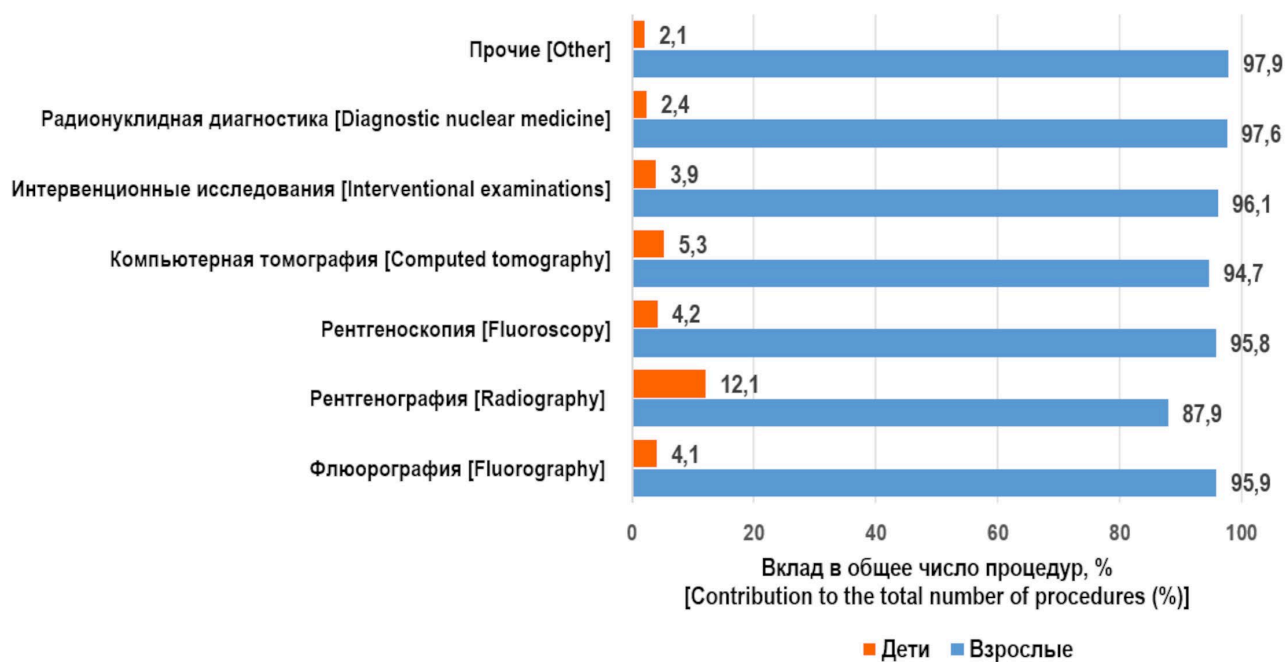


Рис. 3. Соотношение вклада рентгенорадиологических процедур, выполненных взрослым и детским пациентам, в структуру лучевой диагностики в 2023 г.

[Fig. 3. The ratio of the contribution of radiological procedures performed on adult and pediatric patients to the structure of radiological diagnostics in 2023]

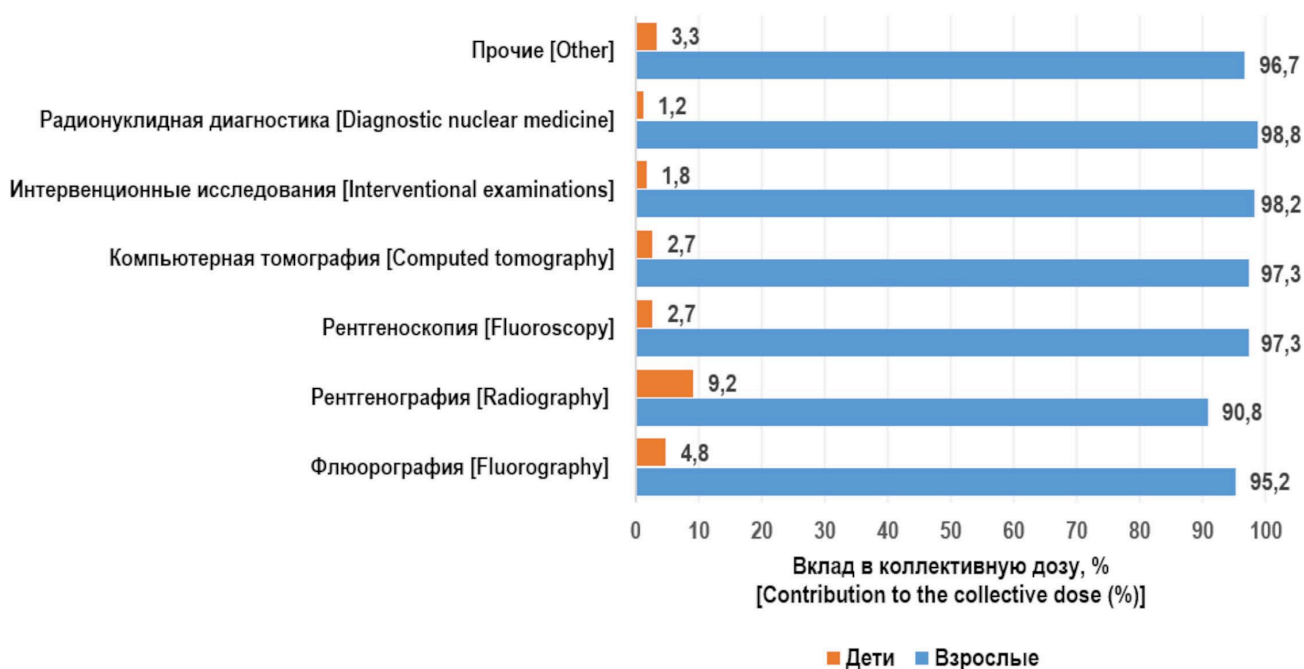


Рис. 4. Соотношение вклада рентгенорадиологических процедур, выполненных взрослым и детским пациентам, в структуру коллективной дозы за счет медицинского облучения в 2023 г.

[Fig. 4. The ratio of the contribution of radiological procedures performed on adult and pediatric patients to the structure of the collective dose from medical exposure in 2023]

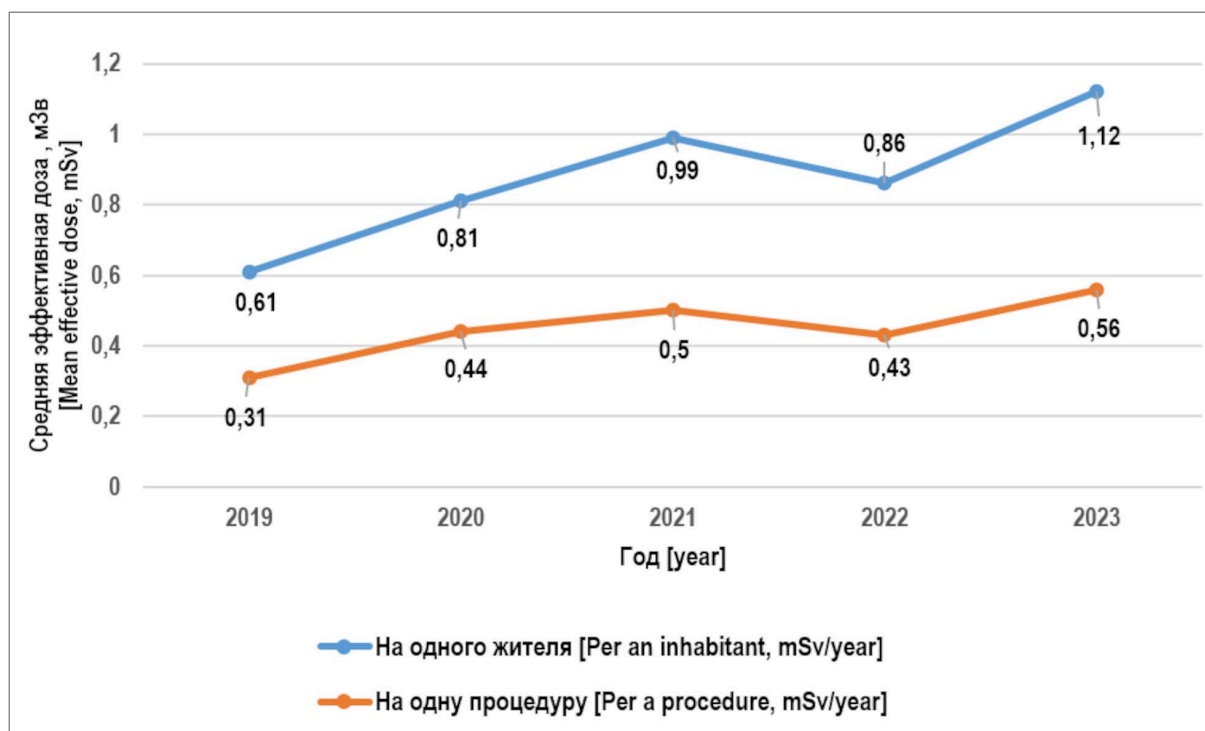


Рис. 5. Изменение средней эффективной дозы за счет медицинского облучения на одного жителя Российской Федерации и на одну процедуру за период 2019-2023 гг.
[Fig. 5. Changes in the average effective dose from medical exposure per capita in the Russian Federation and per procedure during the period 2019–2023]

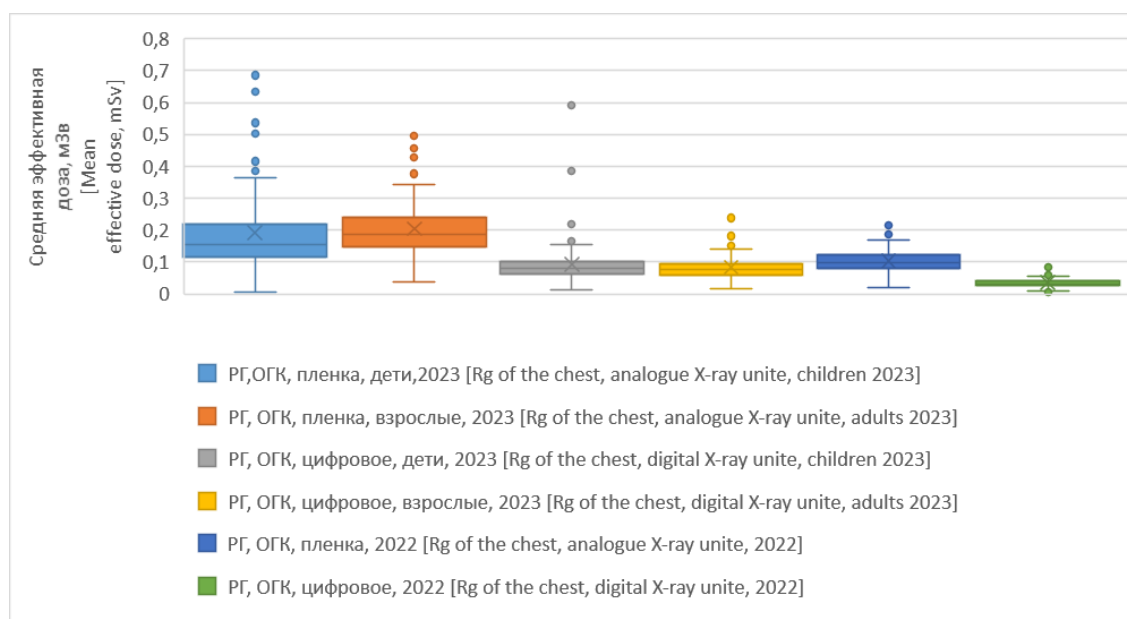


Рис. 6. Диапазоны СЭД для рентгенографии органов грудной клетки (ОГК), выполненной на пленочных и цифровых рентгеновских аппаратах, для детских и взрослых пациентов в 2023 и 2022 гг. Из выборки данных по пленочным рентгенографиям органов грудной клетки для взрослых пациентов исключено одно значение в 3,9 мЗв (Республика Саха)
[Fig. 6. Ranges of the average effective dose for chest radiography performed on analogue and digital X-ray machines for pediatric and adult patients in 2023 and 2022. One value of 3.9 mSv (Republic of Sakha) was excluded from the dataset for analogue chest radiography in adult patients]

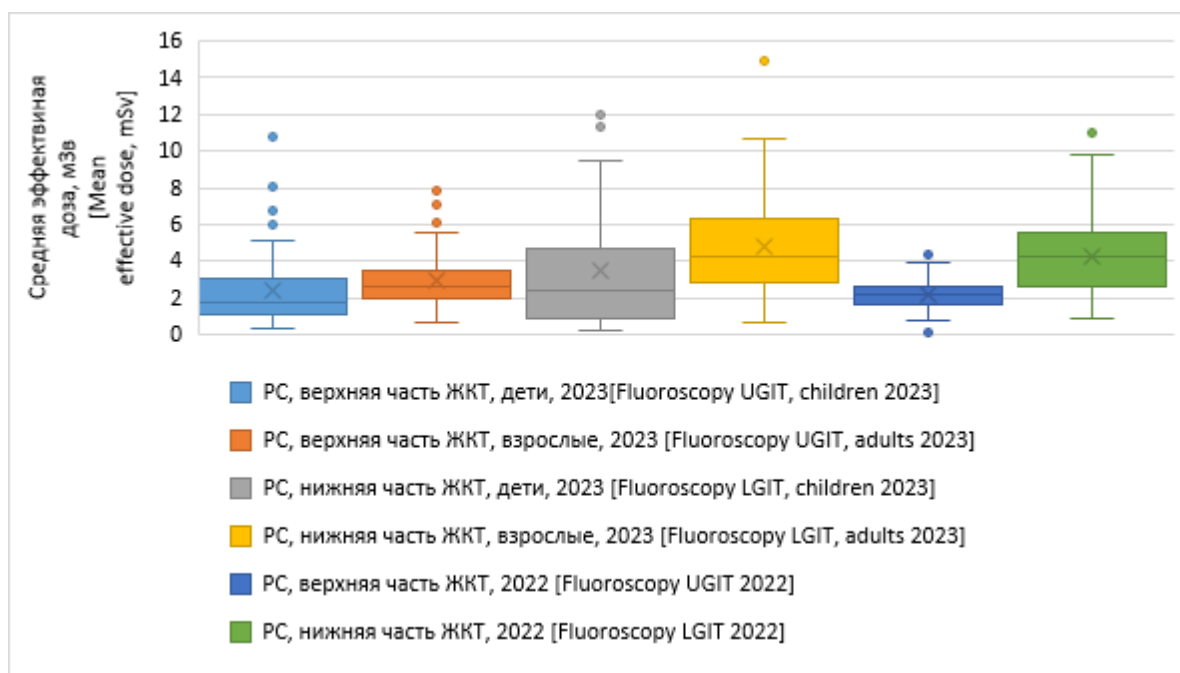


Рис. 7. Диапазоны СЭД для рентгенографии верхнего и нижнего отделов желудочно-кишечного тракта для детских и взрослых пациентов в 2023 и 2022 гг.

[Fig. 7. Ranges of the average effective dose for fluoroscopy of the upper and lower gastrointestinal tract for pediatric and adult patients in 2023 and 2022]

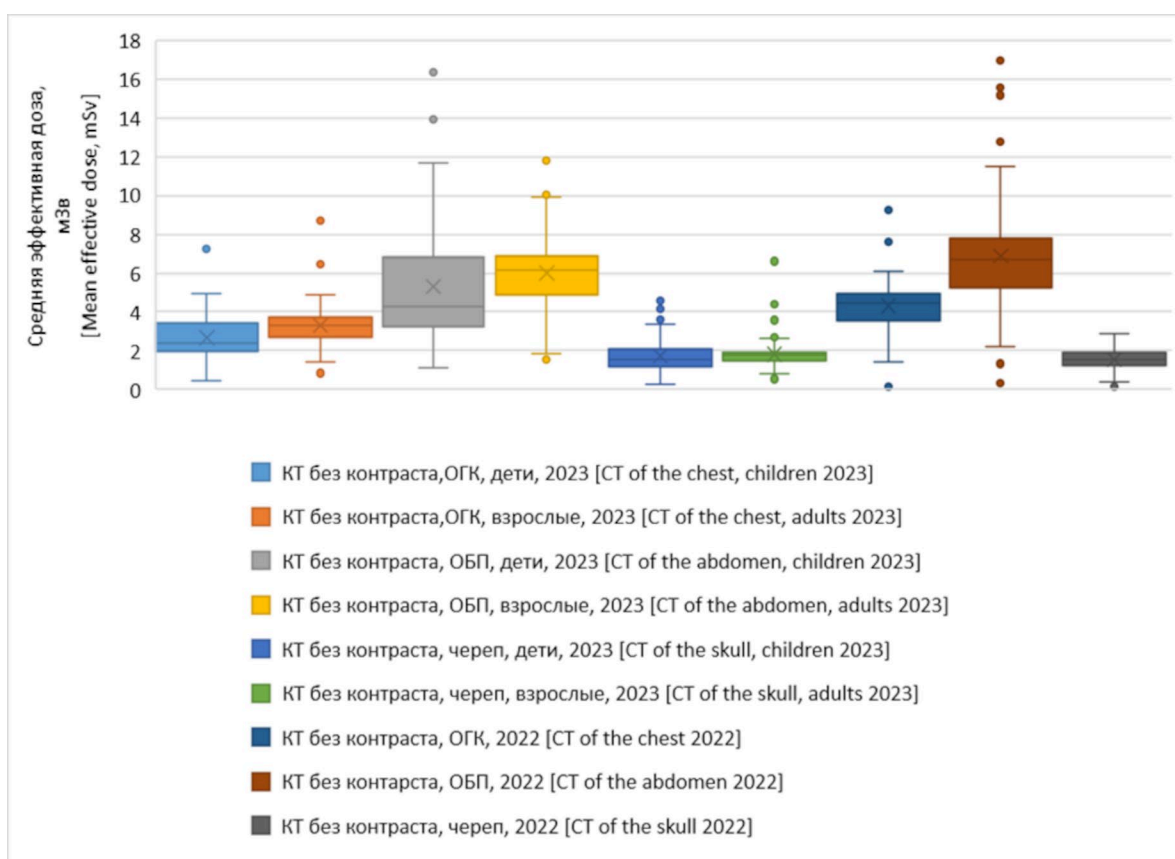


Рис. 8. Диапазоны СЭД для компьютерной томографии органов грудной клетки (ОГК), органов брюшной полости (ОБП) и черепа для детских и взрослых пациентов в 2023 и 2022 гг. За 2022 г. представлены объединенные данные; за 2023 г. – только данные по КТ без контраста

[Fig. 8. Ranges of the average effective dose for computed tomography of the chest, abdominal organs, and skull without contrast for pediatric and adult patients in 2023 and 2022. For 2022, combined data is provided; for 2023, only non-contrast CT data is presented]

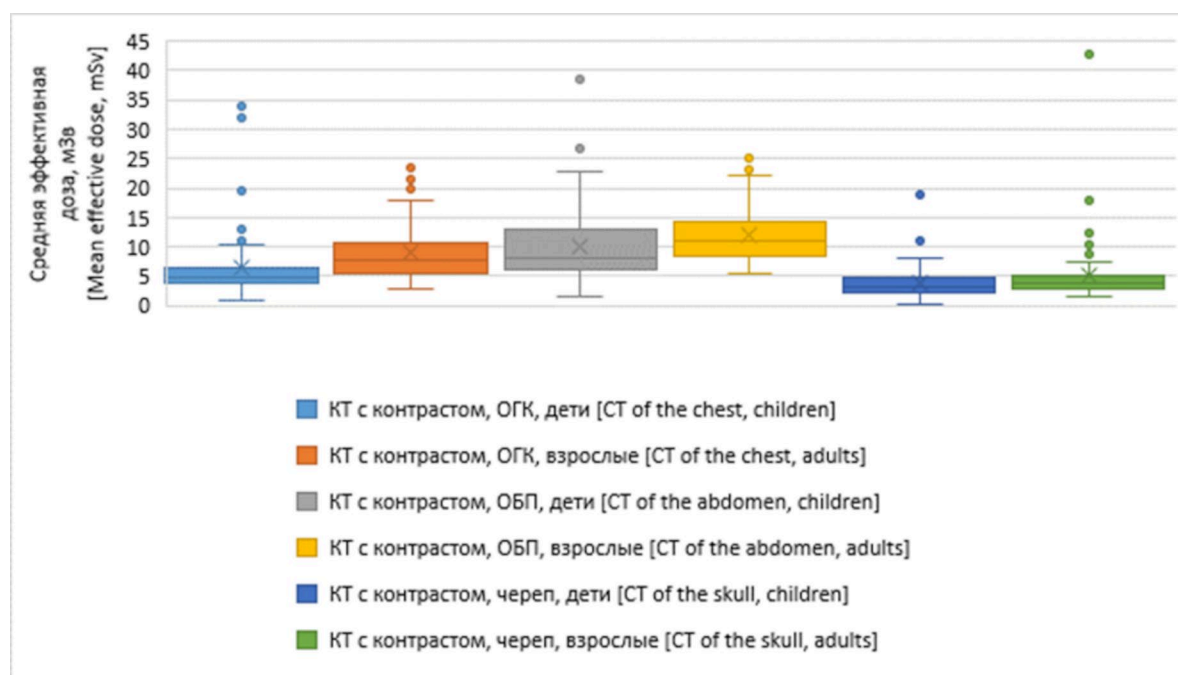


Рис. 9. Диапазоны СЭД для компьютерной томографии ОГК, ОБП и черепа с контрастом для детских и взрослых пациентов в 2023 г. В 2022 г. данные по компьютерным томографиям с контрастом отдельно не собирались

[Fig. 9. Ranges of the average effective dose for computed tomography of the chest, abdominal organs, and skull with contrast for pediatric and adult patients in 2023. Data on contrast-enhanced CT scans was not collected separately in 2022]

Таблица 3

Сравнение СЭД для наиболее распространенных рентгеновских процедур между 2022 и 2023 гг.

[Table 3]

Comparison of the average effective dose for the most common X-ray procedures between 2022 and 2023]

Рентгеновская процедура*** [X-ray Procedure]	СЭД в 2022 г., мЗв* [MED in 2022, mSv]	СЭД в 2023 г., мЗв** [MED in 2023, mSv]	Прирост 2023 г. к 2022г., % [Increase from 2022 to 2023, %]	p для теста Манна-Уитни [p-value for Mann- Whitney test]
Рентгенография органов грудной клетки, плёночная [Radiography of the chest, analogue X-ray unite]	0,10	0,25	140	< 0,001
Рентгенография органов грудной клетки, цифровая [Radiography of the chest, digital X-ray unite]	0,04	0,08	136	< 0,001
Рентгеноскопия верхней части желудочно-кишечного тракта [Fluoroscopy of the upper gastrointestinal tract]	2,23	2,92	31	0,004
Рентгеноскопия нижней части желудочно-кишечного тракта [Fluoroscopy of the lower gastrointestinal tract]	4,26	4,80	13	< 0,001
КТ органов грудной клетки [CT of the chest]	4,30	3,30	-23	0,25
КТ органов брюшной полости [CT of the abdomen]	6,91	6,01	-13	0,039
КТ черепа, челюстно-лицевой области [CT of the skull and maxillofacial region]	1,57	1,79	14	0,02

* данные представлены для объединенной выборки взрослых и детских пациентов; ** данные представлены для взрослых пациентов; *** по КТ данные за 2022 г. представлены для объединенной выборки нативных исследований и исследований с контрастом; в 2023 г. – только для нативных исследований. [* data are presented for a combined cohort of adult and pediatric patients; ** data are presented for adult patients; *** for CT, data for 2022 are presented for the combined dataset of non-contrast and contrast-enhanced studies; for 2023, only non-contrast studies are included.]

Как следует из таблицы 3, максимальные различия наблюдаются для СЭД при рентгенографии органов грудной клетки: в 2023 г. они выросли практически в 2,5 раза. Снижение СЭД для компьютерной томографии объясняется отдельным учетом исследований, выполняющихся с использованием контрастных препаратов и, как следствие, исключением таких высокодозовых исследований из общей выборки. Рост СЭД для рентгеноскопических исследований и компьютерной томографии черепа объясняется более четкими критериями отнесения исследований к данным категориям. В частности, стоматологические процедуры, проводящиеся на конусно-лучевых компьютерных томографах, вынесены из категории «черепа» в категорию «зубы»;

- следует обратить внимание на наличие регионов Российской Федерации с аномально низкими СЭД (рисунки 6–9). К аномально низким СЭД в данном случае можно отнести значения, при которых невозможно провести качественное рентгенорадиологическое исследование в принципе;

- высокие значения СЭД для рентгенографических исследований могут быть объяснены большим количеством выбросов (регионов Российской Федерации с аномально высокими СЭД). Наиболее часто аномально высокие дозы были связаны с рентгенографическими исследованиями и нативными КТ-исследованиями органов грудной клетки, брюшной области, таза, различных отделов позвоночника. Лидерами по количеству аномально высоких СЭД являются Ненецкий АО, Республика Тыва, Республика Саха, Хабаровский край, Карачаево-Черкесская Республика. Тем не менее, для подтверждения этой гипотезы необходимо провести детальный анализ эффективных доз на уровне медицинской организации в каждом из регионов с аномально высокими дозами.

Для проведения такого анализа необходимо разработать и апробировать методику верификации данных, представленных в форме №3-ДОЗ. Успешная верификация данных позволит выявить и дифференцировать причины аномально высоких и/или низких СЭД, а также идентифицировать медицинские организации с такими СЭД. В дальнейшем это позволит провести детальные исследования уровней облучения пациентов в данных организациях и повысить достоверность данных, представленных в форме №3-ДОЗ.

Заключение

Благодаря внедрению в практику новой формы №3-ДОЗ за 2023 год были получены обновленные данные о состоянии лучевой диагностики и уровней медицинского облучения пациентов в Российской Федерации. Впервые в отечественной практике были получены данные об уровнях облучения детских пациентов на уровне страны, а также определены средние эффективные дозы при проведении высокодозовых исследований (интервенционных исследований, компьютерных томографий с контрастом, процедур радионуклидной диагностики).

Коллективная доза от медицинского облучения у взрослого населения увеличилась на 34 % по сравнению с 2022 г. Максимальный рост коллективных доз наблюдался для рентгенографических (81 %), радионуклидных (49 %) и интервенционных (57 %) исследований. Впервые за последние пять лет рост коллективных доз для рентгенорадиологических процедур не сопровождался идентичным ростом числа исследований, что свидетельствует о росте средних и индивидуальных эффективных доз пациентов. Средняя эффективная доза за счет медицинского облучения на одного жителя Российской Федерации в 2023 г. увеличилась более чем в полтора раза: 1,12 мЗв по сравнению с 0,86 мЗв в 2022 г.

- High effective dose values for radiographic procedures may be attributed to a large number of outliers (regions with abnormally high effective doses). The most frequently associated procedures with such high doses were radiographic procedures and native CT scans of the chest, abdomen, pelvis, and spine. The leading regions in terms of abnormally high effective doses are Nenets Autonomous Okrug, Tuva Republic, Sakha Republic, Khabarovsk Krai, and Karachay-Cherkess Republic. To confirm these hypotheses, a detailed analysis of effective doses at the medical organization level in each region with abnormally high doses is required.

To conduct such an analysis, it is necessary to develop and test a data verification methodology for Form No. 3-DOZ. Successful data verification will enable the identification and differentiation of causes of abnormally high and/or low average effective doses, as well as the identification of medical organizations with such doses. This will subsequently facilitate detailed studies of patient radiation exposure levels in these organizations and improve the reliability of the data reported in Form No. 3-DOZ.

Conclusion

The implementation of the new Form No. 3-DOZ in 2023 provided updated data on the status of radiation diagnostics and medical exposure levels among patients in the Russian Federation. For the first time in national practice, data on radiation exposure levels in pediatric patients at the national level were obtained, along with the determination of average effective doses for high-dose procedures, including interventional radiology, contrast-enhanced computed tomography, and diagnostic nuclear medicine examinations.

The collective dose from medical exposure in the adult population increased by 34 % compared to 2022. The most significant rises in collective doses were observed for radiographic (81 %), nuclear medicine (49 %), and interventional (57 %) procedures. Notably, for the first time in five years, the increase in collective doses for X-ray and X-ray procedures was not accompanied by a proportional rise in the number of examinations, indicating a growth in both average and individual effective patient doses. The average effective dose per capita from medical exposure in the Russian Federation in 2023 has increased by a factor of 1.5, reaching 1.12 mSv compared to 0.86 mSv in 2022.

The increase in collective doses across various types of X-ray diagnostics is driven by the growth in average effective doses for different X-ray procedures across Russian regions. The most significant differences in average effective doses were observed for radiographic procedures, with increases of up to a factor of 2.5 compared to 2022. These changes in average effective doses may be attributed to both errors in dose calculation and Form No. 3-DOZ completion, as well as objective factors such as modifications in equipment and/or X-ray procedure protocols. At the same time, some regions of the Russian Federation reported anomalously low average effective doses.

To identify the causes of abnormally high or low effective doses in radiation diagnostics, it is imperative to develop and validate a methodology for verifying data submitted via Form No. 3-DOZ. This methodology will be detailed in the authors' subsequent publications.

Limitations of the Study

When analyzing data from Form No. 3-DOZ for 2022, mean effective doses were calculated for a combined sample of pediatric and adult patients due to the absence of separate recording of patients by age category.

Рост коллективных доз для различных видов лучевой диагностики обусловлен ростом средних эффективных доз для различных рентгенорадиологических процедур в регионах Российской Федерации. Максимальные различия в средних эффективных дозах наблюдаются для рентгенографических процедур (рост вплоть до 2,5 раз по сравнению с 2022 г.). Данные изменения средних эффективных доз могут быть обусловлены как ошибками в расчетах эффективных доз и заполнения формы №3-ДОЗ, так и объективными изменениями в аппаратном парке и/или протоколах проведения рентгеновских процедур. При этом, ряд регионов Российской Федерации, напротив, представил аномально низкие средние эффективные дозы.

Для идентификации причин аномально высоких и/или низких эффективных доз при проведении процедур лучевой диагностики необходима разработка и апробация методики верификации данных, представляемых в форме №3-ДОЗ. Данная методика будет представлена в следующих работах авторов.

Ограничения исследования

При анализе данных формы №3-ДОЗ за 2022 г. средние эффективные дозы определяли для объединенной выборки детских и взрослых пациентов в связи с отсутствием раздельного учета пациентов различных возрастных категорий.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Водоватов А.В. – разработал дизайн исследования, определил цели и задачи, подготовил окончательный вариант рукописи.

Косарлукова Е.А. – редактировала промежуточный вариант рукописи.

Библин А.М. – редактировал промежуточный вариант рукописи.

Ахматдинов Р.Р. – редактировал промежуточный вариант рукописи.

Братилова А.А. – редактировала промежуточный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2022 г. (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 134 с.
2. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации Международной Комиссии по Радиационной защите от 2007 г.: пер. с англ. / под общ. ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандала. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. 312 с.
3. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности GSR Part 3. МАГАТЭ, Вена, 2015. 518 с.
4. Radiation Protection and safety in medical uses of ionizing radiation. Specific safety guide SSG-46. IAEA, Vienna, 2018. 340 p.
5. 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.

Authors' personal contribution

Aleksandr V. Vodovатов developed design of the study, determined aims and objectives, prepared draft of the manuscript.

Elena A. Kosarlukova prepared draft of the manuscript.

Artem M. Biblin prepared draft of the manuscript.

Ruslan R. Akhmatdinov prepared draft of the manuscript.

Anzhelika A. Bratilova prepared draft of the manuscript.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The study was not supported by sponsorship.

References

1. Results of Radiation and Hygiene Certification in the Subjects of the Russian Federation for 2022 (Radiation and Hygiene Passport of the Russian Federation). Moscow: Rospotrebnadzor; 2023. 134 p. (In Russian).
2. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English. Ed. by MF Kiselev, NK Shandala. Moscow: «Alana»; 2009. 312 p. (In Russian).
3. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. GSR Part 3. Vienna: IAEA; 2015. 518 p. (In Russian).
4. Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation. Specific safety guide SSG-46. IAEA, Vienna; 2018. 340 p.
5. Onischenko GG, Popova AY, Romanovich IK, Vodovатов 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). DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-2-6-24.
6. Vodovатов A, Chipiga L, Druzhinina P, Shatsky I, Petryakova A, Sarycheva S, et al. Update of the federal governmental statistical surveillance form No 3-DOZ: "Data on patient doses from medical X-ray examinations"— Part 2 (FORM completion Recommendations). *Digital Diagnostics*. 2023;4(3): 322-339. (In Russian). DOI: DOI: 10.17816/DD530656.
7. Vodovатов A, Romanovich I, Alekhovich A, Biblin A, Akhmatdinov R, Druzhinina P, et al. Ensuring Radiation Safety of Patients in the Russian Federation During Diagnostic Medical Radiation: Current State, Problems, and Solutions. *Medical Physics*. 2024;(4): 33-49. (In Russian). DOI: 10.52775/1810-200X-2024-104-4-33-49.

Received: January 31, 2025

радиационные риски и совершенствование системы радиационной защиты // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 2. С. 6-24. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-2-6-24.

6. Водоватов А.В., Чипига Л.А., Дружинина П.С. и др. Актуализация формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований»: часть 2 (рекомендации по заполнению формы) // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № 3. С. 322-339. DOI: 10.17816/DD530656. – EDN XLHQWW.
7. Водоватов А.В., Романович И.К., Алехнович А.В. Обеспечение радиационной безопасности пациентов в Российской Федерации при диагностическом медицинском облучении: текущее состояние, проблемы и решения // Медицинская физика. 2024. № 4. С. 33-49. DOI: 10.52775/1810-200X-2024-104-4-33-49.

Поступила: 31.01.2025

Водоватов Александр Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией 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; доцент кафедры общей гигиены Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета. **Адрес для переписки:** 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: vodovatoff@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Косарлукова Елена Алексеевна – исполняющая обязанности младшего научного сотрудника Информационно-аналитического центра 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

ORCID: 0009-0007-6476-9571

Библин Артем Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра 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

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Ахматдинов Руслан Расимович – инженер-исследователь Информационно-аналитического центра 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

ORCID: 0009-0000-2300-6788

Братилова Анжелика Анатольевна – старший научный сотрудник, заведующая лабораторией внутреннего облучения 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

ORCID: 0000-0002-6489-3974

Для цитирования: Водоватов А.В., Косарлукова Е.А., Библин А.М., Ахматдинов Р.Р., Братилова А.А. Анализ уровней медицинского облучения населения Российской Федерации в 2023 г. с использованием актуализированной формы №3-ДОЗ // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 1. С. 85–99. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-1-85-99

For correspondence: Aleksandr V. Vodovatov – Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Docent, Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com)

ORCID 0000-0002-5191-7535

Elena A. Kosarlukova – Acting Junior Researcher, Information Analytical Center, 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

ORCID: 0009-0007-6476-9571

Artem M. Biblin – Senior Research Fellow, Head of Information Analytical Center, 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

ORCID 0000-0002-3139-2479

Ruslan R. Akhmatdinov – Researcher Engineer, Information Analytical Center, 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

ORCID: 0009-0000-2300-6788

Anzhelika A. Bratilova – Head of the Laboratory of Internal Exposure at 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

ORCID: 0000-0002-6489-3974

For citation: Vodovatov A.V., Kosarlukova E.A., Biblin A.M., Akhmatdinov R.R., Bratilova A.A. Analysis of medical exposure levels of the Russian Federation population in 2023 using the updated form No. 3-DOZ. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 1. P. 85–99. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-1-85-99