

УДК 615.849.5+616-073.75+614.876+621.039.76+616.079.1
DOI: 10.56871/МНСО.2022.42.42.009

АНАЛИЗ УРОВНЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЗА ПЕРИОД 2010–2019 гг.

© Ольга Александровна Историк¹, Александр Валерьевич Водоватов^{1,2},
Иван Константинович Романович¹, Людмила Алексеевна Еремина¹,
Полина Сергеевна Дружинина¹, Виктор Геннадьевич Пузырев²

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

Контактная информация: Александр Валерьевич Водоватов — к.б.н., заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций. E-mail: vodovatoff@gmail.com

Для цитирования: Историк О.А., Водоватов А.В., Романович И.К., Еремина Л.А., Дружинина П.С., Пузырев В.Г. Анализ уровней облучения населения Ленинградской области в лучевой диагностике за период 2010–2019 гг. // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7. № 4. С. 80–95. DOI: <https://doi.org/10.56871/МНСО.2022.42.42.009>

Поступила: 03.10.2022

Одобрена: 30.11.2022

Принята к печати: 22.12.2022

РЕЗЮМЕ. Для успешной практической реализации принципа оптимизации радиационной защиты пациентов в лучевой диагностике в отдельном субъекте Российской Федерации посредством применения референтных диагностических уровней и последующего управления дозами облучения пациентов необходимо обладать достоверной информацией о текущих уровнях облучения пациентов в медицинских организациях. Данная информация должна включать в себя сведения о структуре коллективной дозы от медицинского облучения как в выбранном субъекте, так и в отдельных медицинских организациях, и средних (типичных) дозах облучения пациентов при проведении всего спектра рентгенорадиологических исследований. Предварительная оценка уровней медицинского облучения может быть выполнена по результатам анализа форм государственной статистической отчетности, с дальнейшими детальными исследованиями в отдельных репрезентативных медицинских организациях. Цель данной работы — анализ уровней медицинского облучения при проведении наиболее распространенных рентгенорадиологических исследований в Ленинградской области за период 2010–2019 гг. Для этого использовались формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» и радиационно-гигиенические паспорта Ленинградской области за период с 2010 по 2019 гг. Выполненный анализ уровней медицинского облучения показывает, что структура коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области отличается от российской более высоким вкладом высокодозовых КТ-исследований, меньшим вкладом рентгеноскопических исследований и отсутствием диагностических радионуклидных исследований. Средние эффективные дозы в Российской Федерации выше в 1,5–2 раза для флюорографических, рентгенографических и прочих исследований; на 20–30% для компьютерной томографии и в целом сопоставимы для рентгеноскопии. По результатам анализа был выделен ряд рентгенорадиологических исследований с максимальным вкладом в коллективную дозу от медицинского облучения населения Ленинградской области. Выделенные рентгенорадиологические исследования являются приоритетными для проведения детального сбора данных в медицинских организациях Ленинградской области для оценки уровней облучения на уровне отдельного рентгеновского аппарата или компьютерного томографа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рентгенорадиологические исследования; медицинское облучение; коллективная доза; эффективная доза; лучевая диагностика.

ANALYSIS OF THE POPULATION EXPOSURE LEVELS OF RADIATION DIAGNOSTICS IN THE LENINGRAD REGION IN 2010–2019

© Olga A. Istorik¹, Alexander V. Vodovotov^{1, 2}, Ivan K. Romanovich¹, Lyudmila A. Eremina¹, Polina S. Druzhinina¹, Viktor G. Puzyrev²

¹ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after P.V. Ramzaev. Mira 8, Saint Petersburg, Russian Federation, 197101

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University. Lithuania 2, Saint Petersburg, Russian Federation, 194100

Contact information: Alexander V. Vodovotov — PhD, Head of the Laboratory of Radiation Hygiene of Medical Organizations. E-mail: vodovotoff@gmail.com

For citation: Istorik OA, Vodovotov AV, Romanovich IK, Eremina LA, Druzhinina PS, Puzyrev VG. Analysis of the population exposure levels of radiation diagnostics in the Leningrad Region in 2010–2019. *Medicine and health care organization (St. Petersburg)*. 2022;7(4):80-95. DOI: <https://doi.org/10.56871/MHCO.2022.42.42.009>

Received: 03.10.2022

Revised: 30.11.2022

Accepted: 22.12.2022

ABSTRACT. For successful practical implementation of the principle of optimizing radiation protection of patients in X-ray diagnostics in a selected region of the Russian Federation using diagnostic reference levels and subsequent management of patient exposure doses, it is necessary to have reliable information on the current levels of patient exposure in medical facilities. This information should include data on the structure of the collective dose from medical exposure both in the selected region and in selected medical facilities, and the average (typical) patient doses from most common X-ray and nuclear medicine examinations. Preliminary assessment of medical exposure levels can be performed based on the results of the analysis of state statistical reporting forms, with further detailed studies in separate representative medical facilities. The aim of this study was to analyze the levels of medical exposure during the most common X-ray examinations in the Leningrad region in 2010–2019 based on the analysis of the forms of the federal state statistical observation No 3-DOZ “Information on the exposure doses of patients during medical X-ray examinations” and radiation-hygienic passports of the Leningrad region in 2010–2019. The performed analysis of medical exposure levels indicates that the structure of the collective dose from medical exposure in the Leningrad region significantly differs from the Russian collective dose — a higher contribution of high-dose CT-examinations, a smaller contribution of fluoroscopic examinations and the absence of diagnostic radionuclide examinations. Average effective doses in the Russian Federation are higher for fluorographic, radiographic and other examinations up to a factor 1.5– 2; by 20–30% for computed tomography and generally comparable for fluoroscopy. Based on the results of the analysis, several X-ray examinations were identified with the maximum contribution to the collective dose from medical exposure of the population in the Leningrad region. Selected X-ray examinations are a priority for detailed data collection in medical organizations of the Leningrad region to assess exposure levels at the level of a particular x-ray unit or CT scanner.

KEY WORDS: X-ray examinations; medical exposure; collective dose; effective dose; X-ray diagnostics.

ВВЕДЕНИЕ

Для успешной практической реализации принципа оптимизации радиационной защиты пациентов в лучевой диагностике в отдельном субъекте Российской Федерации посредством применения референтных диагностических уровней и последующего управления дозами облучения пациентов необходимо обладать достоверной информацией о текущих уровнях облучения пациентов в медицинских органи-

зациях [4, 22–24]. Данная информация должна включать в себя сведения о структуре коллективной дозы от медицинского облучения как в выбранном субъекте, так и в отдельных медицинских организациях, и средних (типичных) дозах облучения пациентов при проведении всего спектра рентгенорадиологических исследований. При этом сведения о структуре коллективной дозы необходимы для выбора методов медицинской визуализации в целом и рентгенорадиологических исследований в

отдельности с максимальным вкладом в коллективную дозу. Применение принципа оптимизации по отношению к ним даст максимальный эффект (снижение доз облучения и, как следствие, радиационных рисков населения) с минимальными временными и экономическими затратами. Сведения по средним дозам облучения необходимы для идентификации отдельных высокодозовых протоколов проведения рентгенорадиологических исследований, а также для идентификации отдельных медицинских организаций и(или) кабинетов лучевой диагностики с аномально высокими дозами. При этом все сведения должны быть достоверными, т.е. основываться на реальных данных из медицинских организаций [4, 22–24].

На текущий момент единственным консолидированным источником данных по уровням облучения пациентов в лучевой диагностике в Российской Федерации является форма государственной статистической отчетности № 3-ДОЗ системы ЕСКИД [2]. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации не обладают необходимым уровнем детализации и могут использоваться для данной цели ограниченно [7, 8]. В форме № 3-ДОЗ содержатся сведения о числе и коллективных дозах для наиболее распространенных рентгенорадиологических исследований (флюорографий, рентгенографий, рентгеноскопий, компьютерных томографий, интервенционных и диагностических радионуклидных исследований) различных анатомических областей. Несмотря на все свои недостатки, форма № 3-ДОЗ содержит всю необходимую информацию для проведения анализа уровней медицинского облучения в субъекте Российской Федерации и принятия последующих управленческих решений [4]. Следует отметить, что данные из формы № 3-ДОЗ не могут быть использованы для установления и применения референтных диагностических уровней.

Начиная с 2018 г. в Ленинградской области проводится пилотный проект по разработке и внедрению референтных диагностических уровней (далее — РДУ) на уровне субъекта Российской Федерации. Как уже было показано в предыдущих работах авторов, Ленинградская область отличается аномально низкими уровнями медицинского облучения, что связано в первую очередь с особенностями структуры лучевой диагностики и аппаратного парка для лучевой диагностики в данном субъекте [5]. Данное исследование направлено на анализ структуры доз медицинского облучения в Ленинградской области для выявления видов

и методов лучевой диагностики, оптимизация которых принесет максимальный эффект после практической реализации концепции РДУ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполнить анализ уровней медицинского облучения населения Ленинградской области за период 2010–2019 гг.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки уровней медицинского облучения был выполнен анализ данных по медицинскому облучению, представленных в форме федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» и радиационно-гигиенических паспортах Ленинградской области за период с 2010 по 2019 гг., с более детальным анализом периода 2015–2019 гг. [11–20]. Региональная и объектовые формы № 3-ДОЗ были получены из федерального банка данных Единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева [6, 9, 10]. Анализ структуры коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области провели для следующих категорий рентгенорадиологических исследований: флюорография, рентгенография, рентгеноскопия, компьютерная томография, специальные (интервенционные) исследования и прочие исследования [5]. Следует отметить, что в рассматриваемый временной интервал диагностические радионуклидные исследования в Ленинградской области не проводились.

Сведения, представленные в региональной форме № 3-ДОЗ Ленинградской области, использовали для более детальной оценки структуры лучевой диагностики и коллективной дозы от медицинского облучения с учетом анатомических областей исследования. Для этого определили вклад коллективной дозы для каждого из рентгенорадиологических исследований (колонки 3–10 таблиц 1000 и 2000 формы № 3-ДОЗ) каждой анатомической области (строки 1–17 таблиц 1000 и 2000 формы № 3-ДОЗ) в суммарную коллективную дозу от медицинского облучения с использованием выражения 1:

$$\text{Вклад}_{\text{РРИ}} = \frac{\text{КД}_{\text{РРИ}}}{\text{КД}_{\text{МО}}}, \%, \quad (1)$$

где $\text{Вклад}_{\text{РРИ}}$ — процентный вклад данного рентгенорадиологического исследования (РРИ)

данной анатомической области в коллективную дозу от медицинского облучения в выбранном году, %; $KD_{\text{рри}}$ — коллективная доза от данного рентгенорадиологического исследования данной анатомической области в выбранном году, чел.-Зв, для удобства расчета для флюорографических и рентгенографических исследований использовали сумму исследований, выполненных на цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратах; $KD_{\text{мо}}$ — коллективная доза от медицинского облучения в выбранном году, чел.-Зв.

По результатам оценки вклада различных рентгенорадиологических исследований в коллективную дозу от медицинского облучения в 2019 г. выбрали 10 исследований с максимальным вкладом в коллективную дозу, для которых провели более детальный анализ.

Для более детальной оценки динамики уровней медицинского облучения пациентов и населения Ленинградской области выполнили анализ объектовых форм № 3-ДОЗ для наиболее крупных медицинских организаций Ленинградской области, определенных в предыдущей работе авторов [5]: Бокситогорская центральная районная больница (далее — ЦРБ), Волосовская ЦРБ, Волховская ЦРБ, Всеволожская ЦРБ, Выборгская ЦРБ, Гатчинская ЦРБ, Зеленохолмская туберкулезная больница, Кингисеппская ЦРБ, Киришская ЦРБ, Кировская ЦРБ, Лодейнопольская ЦРБ, Ломоносовская ЦРБ, Лужская ЦРБ, Мгинская ЦРБ, Назийская ЦРБ, Отраденская ЦРБ, Подпорожская ЦРБ, Приморская ЦРБ, Приозерская ЦРБ, Рощинская ЦРБ, Светогорская ЦРБ, Сертоловская ЦРБ, Сланцевская ЦРБ, Тихвинская ЦРБ, Токсовская ЦРБ, Тосненская ЦРБ, Шлиссельбургская ЦРБ, включая филиалы и амбулаторно-поликлинические отделения. В данных медицинских организациях выполняется более 80% всех рентгенорадиологических исследований в Ленинградской области [5].

Анализ данных из формы № 3-ДОЗ для отдельных медицинских организаций выполняли по следующей схеме:

1. Оценка средней эффективной дозы (СЭД) для выбранных рентгенорадиологических исследований за период 2010–2019 гг. с использованием выражения 2. При этом использовали только таблицы 1100 и 2100 формы № 3-ДОЗ (дозы, определенные по результатам измерений):

$$\text{СЭД} = \frac{E_{\text{кол}x}}{n} \cdot 1000, \text{ мЗв}, \quad (2)$$

где СЭД_x — средняя эффективная доза за процедуру для выбранного рентгенорадиологи-

ческого исследования x в выбранном году, определенная по результатам измерений, мЗв; $E_{\text{кол}x}$ — годовая коллективная доза для выбранного рентгенорадиологического исследования x в выбранном году, определенная по результатам измерений, чел.-Зв; n_x — число выполненных рентгенорадиологических исследований x в выбранном году, дозы для которых были определены по результатам измерений, шт.

2. Формирование выборок СЭД для выбранных рентгенорадиологических исследований за период 2010–2019 гг.

3. Оценка абсолютных значений СЭД с использованием выражения 3:

$$\text{СЭД}_x \geq 0,01 \text{ мЗв}. \quad (3)$$

В том случае, если полученные значения СЭД для выбранного рентгенорадиологического исследования для выбранной медицинской организации оказывались аномально низкими (менее 0,01 мЗв), эти данные исключались из общей выборки.

Анализ данных осуществляли статистическими методами с использованием программного обеспечения Statistica 10. Проверку распределений на нормальность проводили с использованием тестов Колмогорова–Смирнова (с поправкой на значимость Лиллефорса) и Шапиро–Вилка. Попарное сравнение отдельных параметров проводили с использованием U-теста Манна–Уитни. Сравнение выборок осуществляли с использованием однофакторного дисперсионного анализа с применением критериев Краскелла–Воллиса и медианного теста. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка динамики уровней медицинского облучения в Ленинградской области

По данным радиационно-гигиенической паспортизации за период 2010–2017 гг. коллективная доза от медицинского облучения в Ленинградской области находилась примерно на одном уровне (в диапазоне от 400 до 500 чел.-Зв, что соответствует вкладу в 6–7% в коллективную дозу от всех источников ионизирующего излучения). С 2017 г. начинается рост коллективной дозы от медицинского облучения на 1% в год. На 2019 г. коллективная доза от медицинского облучения составила 622 чел.-Зв, что соответствует вкладу в 9,3% в коллективную дозу от всех источников ионизирующего излучения. Динамика изменения коллективной

дозы от медицинского облучения и ее вклада в коллективную дозу от всех источников ионизирующего излучения представлена на рисунке 1.

Данный резкий рост коллективной дозы от медицинского облучения может быть обусловлен следующими факторами: увеличением числа медицинских организаций, эксплуатирующих источники ионизирующего излучения в медицине, и числа аппаратов для лучевой и радионуклидной диагностики; изменением структуры лучевой диагностики с увеличением числа высокодозовых рентгенорадиологических исследований [5].

На рисунке 2 представлена динамика изменения средней эффективной дозы на душу населения от медицинского облучения в Ленинградской области в сравнении с аналогичным параметром для Российской Федерации за период 2010–2019 гг.

Как следует из рисунка 2, средняя эффективная доза от медицинского облучения в Ленинградской области в среднем составляет около 50% (55% в 2019 г.) от среднероссийского показателя. Данное обстоятельство объясняется в первую очередь низким количеством высокоинформативных высокодозовых исследований на душу населения (специальных/интервенционных исследований, рентгеноскопических исследова-

ний, компьютерных томографий) и полным отсутствием выполненных процедур радионуклидной диагностики за весь рассмотренный период [5]. Тем не менее с 2017 г. наблюдается медленный рост средней эффективной дозы на душу населения в Ленинградской области: с 0,16 мЗв в 2017 г. до 0,19 мЗв в 2018 г. и 0,22 мЗв в 2019 г.

Сведения о структуре коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области за период 2010–2019 гг. представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Изменение структуры коллективной дозы до 2015 г. (планомерное снижение вклада рентгенографических, флюорографических и рентгеноскопических исследований) обусловлено двумя основными факторами: внедрением современного низкодозового цифрового оборудования для проведения данных исследований и увеличивающейся доступностью (ростом числа исследований) компьютерной томографии [5]. Увеличение числа компьютерных томографов позволяет проводить более эффективную диагностику ряда патологических состояний, до этого проводимую с использованием рентгенографии и рентгеноскопии. Резкое изменение структуры коллективной дозы в период 2012–2015 гг. обусловлено реализацией

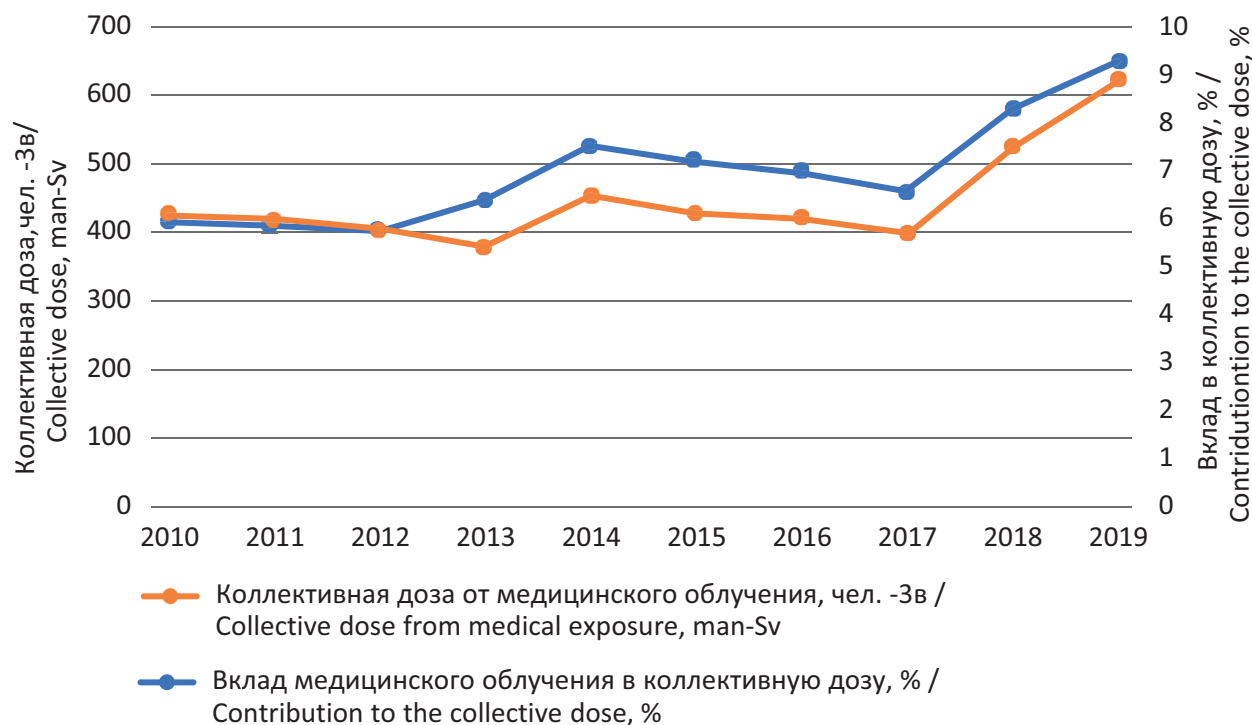


Рис. 1. Динамика изменения коллективной дозы от медицинского облучения и ее вклада в коллективную дозу от всех источников ионизирующего излучения за период 2010–2019 гг.

Fig. 1. Dynamics of change in the collective dose from medical exposure and its contribution to the collective dose from all sources of ionizing radiation in 2010–2019

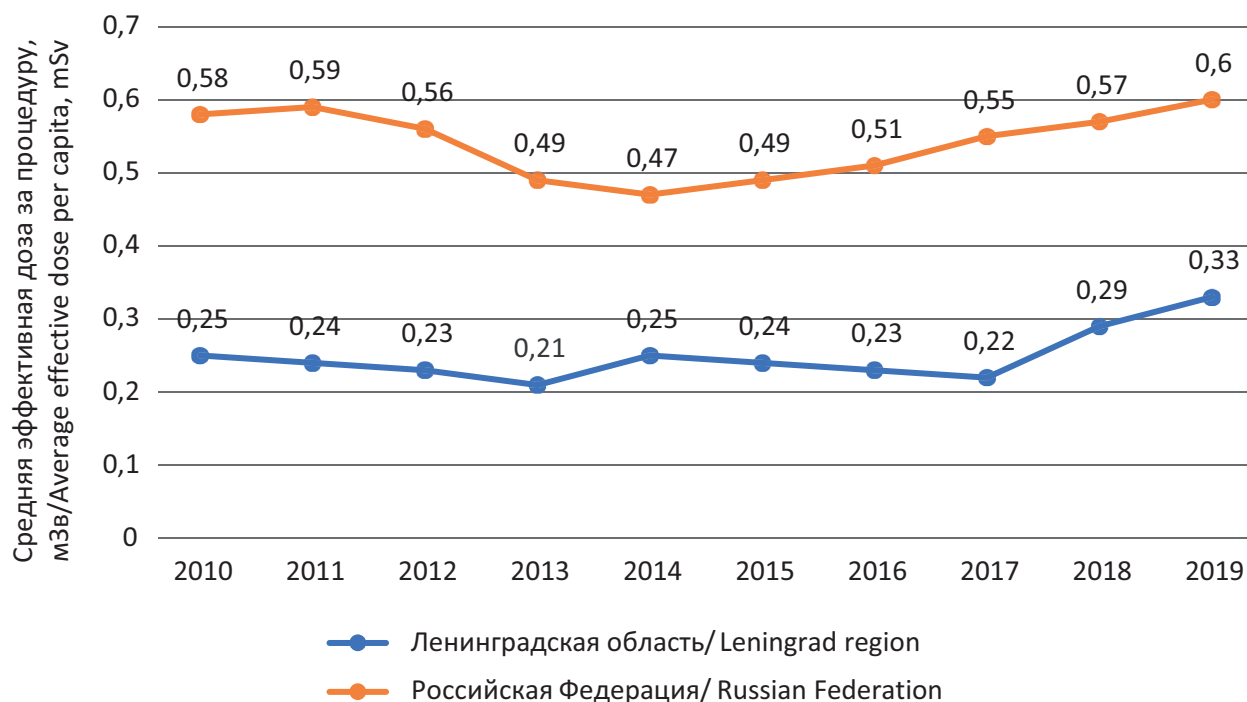


Рис. 2. Средние эффективные дозы от медицинского облучения на душу населения в Ленинградской области и Российской Федерации за период 2010–2019 гг.

Fig. 2. Average effective doses from medical exposure per capita in the Leningrad region and in the Russian Federation in 2010–2019

Таблица 1

Структура коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области за период 2010–2019 гг.

Table 1

The structure of the collective dose from medical exposure in the Leningrad region for the period 2010–2019

Год / Year	Коллективная доза от вида лучевой диагностики, чел.-Зв / Collective dose from different types of imaging modalities, man-Sv					ВСЕГО / TOTAL
	ФЛГ / FLG	РГ / RG	РС / FS	КТ / CT	Прочие / Others	
2010	125,5	226,9	22,9	48,9	0,0	424,3
2011	109,2	193,8	40,0	74,5	0,1	417,6
2012	82,8	162,4	56,7	84,3	17,2	403,4
2013	69,9	132,7	19,2	151,0	1,6	374,3
2014	51,2	113,1	17,9	257,3	10,9	450,4
2015	46,4	120,7	19,0	224,2	16,1	426,3
2016	34,3	124,7	21,0	226,7	11,9	418,7
2017	28,3	111,5	17,3	220,7	19,1	396,8
2018	37,4	134,2	15,1	325,1	10,2	521,9
2019	44,4	121,0	11,3	416,2	29,0	621,9

Примечание: КТ/СТ — компьютерная томография/computed tomography; РГ/RG — рентгенография/radiography; РС/FS — рентгеноскопия/fluoroscopy; ФЛГ/FLG — флюорография/fluorography.

государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»¹, в соответствии с которой резко увеличились постав-

ки современного оборудования в медицинские организации. С 2015 г. (т.е. после частичной реализации данной программы) изменения в

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24.12.2012 № 2511-П «Об утверждении государ-

ственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»»

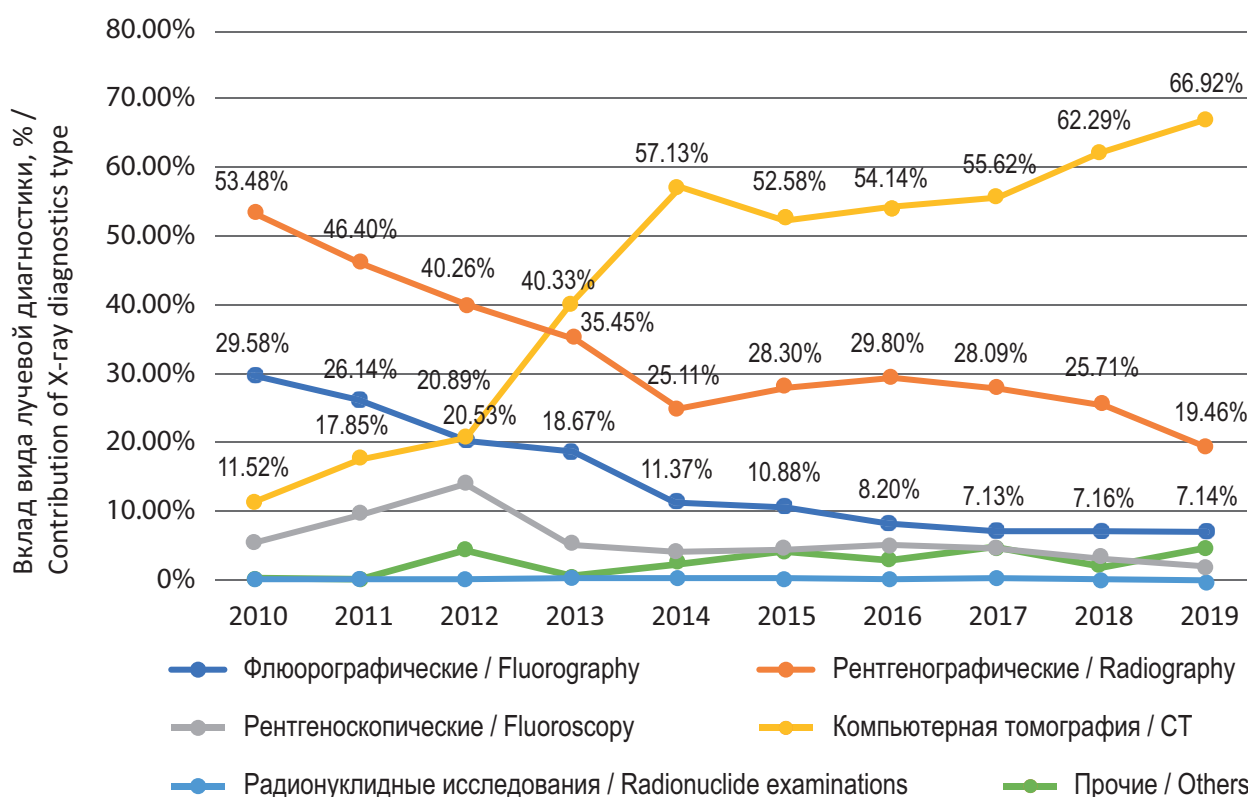


Рис. 3. Вклад различных видов лучевой диагностики в коллективную дозу от медицинского облучения в Ленинградской области за период 2010–2019 гг.

Fig. 3. Contribution of different types of X-ray diagnostics to the collective dose from medical exposure in the Leningrad region in 2010–2019

структуре коллективной дозы при медицинском облучении становятся менее выраженными и обусловлены постепенными эволюционными изменениями аппаратного парка для рентгеновской диагностики [5].

Сравнение структуры коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области и Российской Федерации в 2019 г. представлено в таблице 2.

Результаты свидетельствуют о резком увеличении вклада компьютерной томографии в коллективную дозу от медицинского облучения в Ленинградской области в 2012–2014 гг. (рост на 15% в год); с 2014 по 2017 г. вклад компьютерной томографии относительно стабилен (в районе 55%); далее начинается рост примерно на 5% в год. Данные изменения сопровождаются снижением вклада рентгенографических и флюорографических исследований: с 35% в 2012 г. до 19% в 2019 г. и с 20,5% в 2012 г. до 7% в 2019 г. соответственно. Вклад всех остальных рентгенорадиологических исследований в коллективную дозу от медицинского излучения значительно не менялся.

Результаты, представленные в таблице 2, свидетельствуют о наличии различий в структуре

Таблица 2

Сравнение вклада различных видов лучевой диагностики в коллективную дозу от медицинского облучения в Ленинградской области и Российской Федерации в 2019 г.

Table 2

Comparison of the contribution of different types of X-ray diagnostics to the collective dose from medical exposure in the Leningrad region and in the Russian Federation in 2019

Вид исследования / Examination type	Ленинградская область, % / Leningrad region, %	Российская Федерация, % / Russian Federation, %
ФЛГ/FLG	7	6
РГ/RG	19	19
РС/FS	2	5
КТ/CT	67	56
РНД/RND	0	4
Прочие/Others	5	10
Всего/Total	100	100

Примечание: КТ/CT — компьютерная томография/computed tomography; РГ/RG — рентгенография/radiography; РНД/RND — радионуклидная диагностика/ radionuclide diagnostics; РС/FS — рентгеноскопия/fluoroscopy; ФЛГ/FLG — флюорография/fluorography.

коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области и Российской Федерации. Вклад флюорографических и рентгенографических исследований идентичен; больший вклад компьютерной томографии в Ленинградской области (67% против 56% в Российской Федерации) объясняется меньшим количеством рентгеноскопических (2% против 5%) и прочих (5% против 10%) исследований. Следует отметить абсолютное отсутствие радионуклидных исследований в Ленинградской области [5].

В таблице 3 представлено сравнение средних эффективных доз за процедуру для различных видов лучевой диагностики для Ленинградской области и Российской Федерации за период 2010–2019 гг.

Результаты сравнения показывают, что средние эффективные дозы в Российской Федерации выше в 1,5–2 раза для флюорографических, рентгенографических и прочих исследований; на 20–30% для компьютерной томографии и в целом сопоставимы для рентгеноскопии. Только в 2019 г. дозы для прочих исследований в Ленинградской области превысили дозы по Российской Федерации. Данное обстоятельство требует проведения детального сбора данных в отдельных медицинских организациях Ленинградской области для определения причин таких низких средних доз. Выполненный в предыдущей работе авторов анализ аппаратного парка

в Ленинградской области показал отсутствие достоверных различий в относительных показателях оснащенности оборудованием для рентгеновской диагностики между Ленинградской областью и Российской Федерацией в целом.

Была также проанализирована динамика изменения средних эффективных доз по отдельным наиболее крупным медицинским организациям Ленинградской области. Для этого из региональной формы № 3-ДОЗ за период 2011–2019 гг. выделили виды рентгенорадиологических процедур с максимальным вкладом в коллективную дозу от медицинского облучения. Результаты представлены в таблице 4.

Данные результаты позволяют проследить изменение вклада отдельных видов рентгенорадиологических исследований в коллективную дозу от медицинского облучения. Рост вклада коллективной дозы от отдельных видов компьютерно-томографических исследований (органов грудной клетки, позвоночника, таза, брюшной полости) сопровождается пропорциональным снижением вклада рентгенографических исследований для тех же анатомических областей. В период 2015–2019 гг. наблюдается относительная стабилизация колебаний в структуре коллективной дозы от медицинского облучения.

Для каждого из выбранных рентгенорадиологических исследований определили средние эффективные дозы по результатам анализа форм

Таблица 3

Сравнение средних эффективных доз за процедуру для Ленинградской области и Российской Федерации за период 2010–2019 гг.

Table 3

Comparison of average effective doses per one examination for the Leningrad region and the Russian Federation in 2010–2019

Год/ Year	ФЛГ/FLG		РГ/RG		РС/FS		КТ/CT		РНД/RND		Прочие/Others	
	РФ/ RF	ЛО/ LR	РФ/ RF	ЛО/ LR	РФ/ RF	ЛО/ LR	РФ/ RF	ЛО/ LR	РФ/ RF	ЛО/ LR	РФ/ RF	ЛО/ LR
2010	0,16	0,15	0,2	0,16	5,25	3,94	4,91	6,85	2,38	–	7,04	0,69
2011	0,15	0,13	0,19	0,13	4,78	4,09	4,83	4,78	2,25	–	6,17	0,74
2012	0,12	0,07	0,17	0,11	4,65	7,68	4,97	3,5	2,28	–	6,09	18,11
2013	0,11	0,09	0,13	0,08	3,55	3,24	4,21	2,57	2,95	–	4,57	0,13
2014	0,09	0,07	0,12	0,07	2,93	3,53	3,89	3,23	2,3	–	5,1	6,7
2015	0,08	0,06	0,11	0,06	2,56	3,59	3,92	3,14	2,48	–	4,54	2,61
2016	0,08	0,05	0,1	0,08	2,55	2,47	3,89	3,01	3,28	–	4,74	2,06
2017	0,07	0,04	0,1	0,07	2,6	2,86	3,88	2,79	3,93	–	5,31	4,28
2018	0,07	0,04	0,1	0,08	2,56	3,1	3,77	3,22	4,26	–	5,04	4,18
2019	0,06	0,04	0,09	0,07	2,52	2,69	3,67	3,01	5,37	–	3,58	6,81

Примечание: КТ/CT — компьютерная томография/computed tomography; ЛО/LR — Ленинградская область/Leningrad region; РГ/RG — рентгенография/radiography; РНД/RND — радионуклидная диагностика/radionuclide diagnostics; РС/FS — рентгеноскопия/fluoroscopy; РФ/RF — Российская Федерация/Russian Federation; ФЛГ/FLG — флюорография/fluorography.

№ 3-ДОЗ для отдельных медицинских организаций с одновременной верификацией полученных данных (см. «Материалы и методы»). По итогам верификации из полученных объединенных выборок средних эффективных доз были исключены все аномально низкие дозы (менее 0,01 мЗв) и аномально высокие дозы (превышающие среднее значение более чем на порядок величины). Анализ динамики изменения средних эффективных доз для выбранных рентгенорадиологических исследований за период 2015–2019 гг. (табл. 5) позволяет сделать следующие выводы:

- Различия между минимальными и максимальными средними эффективными дозами по медицинским организациям Ленинградской области значительны и могут составлять до порядка величины для всех выбранных видов исследований. Следует иметь в виду, что в выборки попадали сред-

ние эффективные дозы по медицинским организациям (средние дозы по всем рентгеновским аппаратам/компьютерным томографам, на которых выполнялось данное исследование); различия между средними дозами для отдельных аппаратов или компьютерных томографов могут быть более выраженными.

- Для ряда исследований и видов лучевой диагностики (например, компьютерная томография почек) в отдельные годы характерно отсутствие различий в средних эффективных дозах между разными медицинскими организациями.
- Характерны значимые различия между выборками средних эффективных доз для всех выбранных рентгенорадиологических исследований для разных годов сбора данных. Средние эффективные дозы для выборок могут отличаться до 1,5–2 раз.

Таблица 4

Рентгенорадиологические исследования с максимальным вкладом в коллективную дозу от медицинского облучения в Ленинградской области в период 2010–2019 г.

Table 4

X-ray examinations with the maximum contribution to the collective dose from medical exposure in the Leningrad region in 2010–2019

Анатомическая область/Anatomical area	Вклад в коллективную дозу, %; год /Contribution to the collective dose, %; year										
	2010*	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Флюорография (аналоговая + цифровая) / Fluorography (analogue + digital)											
Органы грудной клетки / Chest	–	26,8	21,9	17	12	7,3	6,1	6,7	6,7	7	
Рентгенографические исследования (аналоговые + цифровые)*/ X-ray examinations (analogue + digital)**											
Органы грудной клетки / Chest	–	8,3	6,9	4,2	4	3,9	3,6	4	3,1	2,9	
Грудные позвонки / Thoracic spine	–	2,6	2,4	1,8	1,5	1,1	1,2	1,5	1,2	1,1	
Поясничные позвонки / Lumbar spine	–	9,7	9,7	8,7	5,2	4,8	5,6	5,6	4,9	3,6	
Таз и бедро / Pelvis and femur	–	4,6	4,5	5,2	2,7	3	3,5	3	2,4	2,4	
Органы брюшной полости / Abdomen	–	2,3	2,1	1,7	1,2	4,7	3,5	2,4	3,1	1,1	
Почки, мочевыводящая система / Kidneys, urinary system	–	3,1	2,3	2,9	1,8	1,7	2,2	2,8	1,4	1,8	
Компьютерная томография / Computed tomography											
Органы грудной клетки / Chest	–	5,2	5,6	11,8	11,6	11,1	12	12	18,3	17,4	
Грудные позвонки / Thoracic spine	–	0,1	0,4	1,3	1,6	1,5	1,6	0,5	2,3	1,3	
Поясничные позвонки / Lumbar spine	–	0,5	1,4	2,8	3,1	2,8	2,8	2	2,5	2,6	
Таз и бедро / Pelvis and femur	–	0,7	1,4	3,6	5,7	4,4	5	8,1	8,6	8,5	
Органы брюшной полости / Abdomen	–	0,7	1,4	3,6	5,7	17,8	17,5	17,9	17,8	18,8	
Череп / Skull	–	8,4	8,3	10,8	16,4	10,2	12,2	10,5	9,3	10,8	
Почки, мочевыводящая система / Kidneys, urinary system	–	–	0,1	0,1	2,1	4	2,5	1,6	0,7	2,5	
Итого: / Total:	–	73	68,4	75,5	74,6	78,3	79,3	78,6	82,3	81,8	

* Достоверные данные за 2010 г. отсутствовали / Reliable data for 2010 was missing.

** Исследования, выполненные на цифровых рентгеновских аппаратах, вносят незначительный вклад (0,1–0,3%) в коллективную дозу от соответствующего вида исследований / Examinations performed on digital X-ray units insignificantly contribute (0.1–0.3%) to the collective dose from corresponding X-ray examination.

- Отсутствуют выраженные тренды роста/снижения средних эффективных доз за период 2015–2019 гг. для выбранных рентгенорадиологических исследований.
- Наблюдаются значимые различия для выборок средних эффективных доз для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов. В среднем дозы для цифровых

Таблица 5

Диапазоны средних эффективных доз для рентгенорадиологических исследований с максимальным вкладом в коллективную дозу от медицинского облучения в Ленинградской области за период 2015–2019 г.

Table 5

Mean effective dose ranges for X-ray examinations with the maximum contribution to the collective dose from medical exposure in the Leningrad region in 2015–2019

Анатомическая область / Anatomical area	Год / Year				
	2015	2016	2017	2018	2019
Флюорография цифровая / Digital fluorography					
Органы грудной клетки / Chest	0,05±0,03 (0,01–0,14)	0,06±0,04 (0,02–0,15)	0,07±0,04 (0,05–0,15)	0,08±0,04 (0,03–0,18)	0,06±0,02 (0,02–0,1)
Рентгенография пленочная / Analogue radiography					
Органы грудной клетки / Chest	0,11±0,09 (0,01–0,30)	0,10±0,08 (0,03–0,30)	0,07±0,02 (0,04–0,10)	0,11±0,10 (0,02–0,30)	0,07±0,06 (0,02–0,30)
Таз / бедро Pelvis / femur	0,62±0,34 (0,06–1,58)	0,47±0,30 (0,03–0,90)	0,55±0,39 (0,05–1,90)	0,60±0,20 (0,07–1,07)	0,65±0,62 (0,06–1,91)
Органы брюшной полости / Abdomen	0,64±0,3 (0,14–1,05)	0,65±0,33 (0,05–1,25)	1,24±0,84 (0,04–2,56)	0,41±0,34 (0,03–1,10)	0,65±0,32 (0,13–1,05)
Почки / мочевыводящая система Kidneys / Urinary system	0,54±0,27 (0,2–1,0)	0,43±0,21 (0,10–1,20)	0,41±0,19 (0,13–0,70)	0,53±0,21 (0,24–1,20)	0,49±0,25 (0,21–1,35)
Поясничные позвонки / Lumbar spine	–	0,54±0,20 (0,04–0,94)	0,62±0,20 (0,21–1,40)	0,62±0,48 (0,02–1,63)	0,52±0,21 (0,03–0,86)
Рентгенография цифровая / Digital radiography					
Органы грудной клетки / Chest	0,02±0,01 (0,01–0,05)	0,03 (0,03–0,03)	0,03 (0,03–0,03)	0,05±0,05 (0,01–0,16)	0,03±0,01 (0,03–0,04)
Таз / бедро Pelvis / femur	0,16±0,05 (0,09–0,24)	0,08±0,03 (0,04–0,10)	0,19±0,08 (0,10–0,33)	0,09±0,09 (0,09–0,09)	0,23±0,16 (0,09–0,48)
Органы брюшной полости/Abdomen	0,18±0,05 (0,08–0,20)	0,18±0,11 (0,03–0,38)	0,21±0,16 (0,09–0,42)	–	–
Почки / мочевыводящая система Kidneys / Urinary system	–	0,08 (0,08–0,08)	0,25 (0,25–0,25)	–	0,09 (0,09–0,09)
Поясничные позвонки / Lumbar spine	0,15±0,06 (0,08–0,23)	0,09±0,06 (0,02–0,19)	0,08 (0,08–0,08)	0,09±0,05 (0,05–0,20)	0,12±0,07 (0,07–0,26)
Компьютерная томография / Computed tomography					
Органы грудной клетки / Chest	5,19±1,80 (1,94–10,00)	5,49±3,71 (0,60–11,00)	7,26±3,11 (4,96–10,80)	3,97±2,62 (2,00–11,00)	5,50±5,26 (0,64–17,70)
Таз / бедро Pelvis / femur	7,44±3,62 (1,00–19,23)	7,00±3,90 (3,10–15,40)	6,86±1,96 (4,52–9,50)	6,57±0,29 (6,33–6,89)	5,03±2,50 (1,77–11,00)
Органы брюшной полости / Abdomen	6,09±1,62 (3,80–11,38)	7,20±4,25 (0,63–15,52)	11,19±6,79 (6,39–16,00)	8,12±2,17 (5,30–12,2)	–
Почки / мочевыводящая система Kidneys / Urinary system	5,50 (5,50–5,50)	3,12±1,96 (1,73–4,51)	15,27±4,22 (10,0–20,32)	19,01 (19,01–19,01)	–
Поясничные позвонки / Lumbar spine	7,43±3,32 (4,00–16,00)	4,89±0,83 (3,40–5,51)	5,08±0,36 (4,45–5,50)	3,09±1,86 (0,08–5,20)	4,78±1,80 (2,23–6,49)
Череп / Skull	2,07±0,64 (1,62–3,20)	1,92±1,03 (0,85–2,90)	1,55±0,93 (0,89–2,20)	–	–
Прочие / Others	4,06±0,60 (3,20–4,57)	3,32±0,91 (2,33–4,54)	2,53±1,29 (1,00–3,91)	5,00 (5,00–5,00)	3,36±1,61 (2,22–4,49)
Грудной отдел позвоночника / Thoracic spine	4,86±2,11 (3,50–12,33)	5,14±0,77 (4,41–6,25)	4,34±0,51 (3,31–4,70)	3,42±1,53 (2,33–4,50)	7,58±8,55 (1,54–13,64)

рентгеновских аппаратов для выбранных исследований ниже аналогичных доз для аналоговых аппаратов в 1,5–2 раза.

- Во всех выбранных медицинских организациях определяли средние эффективные дозы для ряда исследований (главным образом для флюорографий и рентгенографий органов грудной клетки) менее 0,01 мЗв (0,001–0,008 мЗв), что указывает на наличие процедурных ошибок при заполнении объективных форм № 3-ДОЗ (ошибки в величине коллективной дозы или числе выполненных исследований), или при определении средних эффективных доз для отдельных протоколов проведения исследований для конкретных рентгеновских аппаратов в организации. Данные аномально низкие дозы были исключены из выборок в ходе их верификации.

Сравнение полученных средних эффективных доз для выборок со средними эффективными дозами для всей Российской Федерации за 2019 г. и другими отечественными источниками данных [1, 4, 23] представлено в таблице 6.

Результаты сравнения указывают на отсутствие значимых различий между средними эффективными дозами, полученными для выборок наиболее крупных медицинских организаций Ленинградской области, и средними эффективными дозами из формы № 3-ДОЗ для Российской Федерации за 2019 г. за исключением компьютерной томографии грудных позвонков, органов брюшной полости и почек (различия до двух раз). Средние эффективные дозы для выборок по медицинским организациям Ленинградской области превышают в 1,5–2 раза средние эффективные дозы из областной формы № 3-ДОЗ для рентгенографии поясничных позвонков и таза,

Таблица 6

Сравнение средних эффективных доз за 2019 г., полученных из различных источников

Table 6

Comparison of average effective doses from different information sources in 2019

Вид исследования / Examination type	Ленинградская область, среднее по медицинским организациям, 2019 / Leningrad region, average for med. organizations, 2019	Форма № 3-ДОЗ Ленинградской области, 2019 / Form No 3-DOZ of the Leningrad region, 2019	Форма № 3-ДОЗ Российской Федерации, 2019 [3] / Form No 3-DOZ of the Russian Federation, 2019 [3]	Данные ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева [1, 4, 23]*/ Data from NIIRG aft. P.V. Ramzaev [1, 4, 23]*
Цифровая флюорография / Digital fluorography				
Органы грудной клетки / Chest	0,06	0,04	0,05	0,18
Рентгенографические исследования (аналоговые/цифровые) / X-ray examinations (analogue/digital)				
Органы грудной клетки / Chest	0,07/0,03	0,08/0,03	0,11/0,04	0,18
Грудные позвонки / Thoracic spine	0,22/0,12	0,33/0,07	0,35/0,08	0,6
Поясничные позвонки / Lumbar spine	0,52/0,12	0,39/0,09	0,61/0,13	1,2
Таз и бедро / Pelvis and femur	0,66/0,28	0,46/0,1	0,61/0,13	1
Органы брюшной полости / Abdomen	0,65/0,21	0,69/0,21	0,76/0,21	1
Почки, мочевыводящая система / Kidneys, urinary system	0,49/0,1	0,43/0,1	0,49/0,13	–
Компьютерная томография/СТ				
Органы грудной клетки / Chest	5,5	4,3	4,7	6,5
Грудные позвонки / Thoracic spine	7,6	3,9	4,5	6,5
Поясничные позвонки / Lumbar spine	4,8	3,8	5,3	–
Таз и бедро / Pelvis and femur	5	6	5,9	12
Органы брюшной полости / Abdomen	8,1	6,7	7,1	9
Череп / Skull		1,3	1,5	–
Почки, мочевыводящая система / Kidneys, urinary system	19	8,3	6	–

* Данные представлены для объединенных выборок аналоговых и цифровых аппаратов / Data presented for joint sample of digital and analogue X-ray units.

флюорографии органов грудной клетки и всех видов КТ-исследований, кроме таза. Средние эффективные дозы по Ленинградской области ниже средних эффективных доз, оцененных по результатам исследований ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, в среднем в 2 раза.

Обращает на себя внимание также существенное (в 2–3 раза) различие между средними эффективными дозами для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов. Однако для подтверждения данных различий необходим более детальный анализ уровней облучения пациентов на уровне отдельного рентгеновского аппарата.

Для проведения детального анализа были выбраны отдельные медицинские организации, в которых за период 2015–2019 гг. были зафиксированы максимальные эффективные дозы для отдельных методов рентгеновской диагностики и/или максимальные коллективные дозы. Результаты отбора представлены в таблице 7.

Наиболее перспективными для проведения детального сбора данных являются Всеволожская, Гатчинская, Волховская, Тихвинская и Выборгская центральные районные больницы, а также Ленинградский областной онкологический диспансер. Проведение оптимизации радиационной защиты пациентов при медицинском облучении позволит обеспечить максимальное снижение уровней медицинского облучения населения Ленинградской области [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ уровней медицинского облучения показывает, что структура коллективной дозы от медицинского облучения в Ленинградской области отличается от российской более высоким вкладом высокодозовых КТ-исследований, меньшим вкладом рентгеноскопических исследований и отсутствием диагностических радионуклидных исследований. Средние эффективные дозы в Российской Федерации выше в 1,5–2 раза для флюорографических, рентгенографических и прочих исследований; на 20–30% для компьютерной томографии и в целом сопоставимы для рентгеноскопии.

По результатам анализа был выделен ряд рентгенорадиологических исследований с максимальным вкладом в коллективную дозу от медицинского облучения населения Ленинградской области: цифровая флюорография органов грудной клетки, рентгенографические исследования органов грудной клетки, грудных позвонков, поясничных позвонков, брюшной полости, таза и бедра, почек и мочевыводящей системы; КТ-исследования органов груд-

ной клетки, грудных и поясничных позвонков, таза и бедра, брюшной полости, черепа, почек и мочевыводящей системы. Результаты анализа средних эффективных доз для данных исследований показывают, что различия между минимальными и максимальными средними эффективными дозами по медицинским организациям Ленинградской области значительны и могут составлять до порядка величины для всех выбранных видов исследований. Характерны значимые различия между выборками средних эффективных доз для всех выбранных рентгенорадиологических исследований для разных годов сбора данных. Средние эффективные дозы для выборок могут отличаться до 1,5–2 раз.

Результаты детального сравнения полученных средних эффективных доз для выбранных рентгенорадиологических исследований с аналогичными отечественными данными указывают на отсутствие значимых различий между средними эффективными дозами, полученными для выборок наиболее крупных медицинских организаций Ленинградской области, и средними эффективными дозами из формы № 3-ДОЗ для Российской Федерации за 2019 г. за исключением компьютерной томографии грудных позвонков, органов брюшной полости и почек (различия до 2 раз). Средние эффективные дозы для выборок по медицинским организациям Ленинградской области превышают в 1,5–2 раза средние эффективные дозы из областной формы № 3-ДОЗ для рентгенографии поясничных позвонков и таза, флюорографии органов грудной клетки и всех видов КТ-исследований кроме таза. Средние эффективные дозы по Ленинградской области ниже средних эффективных доз, оцененных по результатам исследований ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, в среднем в два раза.

Выделенные рентгенорадиологические исследования являются приоритетными для проведения детального сбора данных в медицинских организациях Ленинградской области для оценки уровней облучения на уровне отдельного рентгеновского аппарата или компьютерного томографа.

Наиболее перспективными для проведения детального сбора данных являются Всеволожская, Гатчинская, Волховская, Тихвинская и Выборгская центральные районные больницы, а также Ленинградский областной онкологический диспансер. Проведение оптимизации радиационной защиты пациентов при медицинском облучении позволит обеспечить максимальное снижение уровней медицинского облучения населения Ленинградской области.

Таблица 7

Медицинские организации в Ленинградской области с максимальными уровнями облучения пациентов в 2015–2019 гг.

Table 7

Medical facilities in the Leningrad regions with maximal patient doses in 2015–2019

Год/ Year	ФЛГ/FLG, мЗв/ mSv	РГ/RG, мЗв/ mSv	РС/FS, мЗв/ mSv	КТ/CT, мЗв/ mSv	СИ/SE, мЗв/ mSv	Суммарная коллективная доза / Total collective dose, чел.-Зв/man-Sv
2015	Киришская ЦРБ / Kirishi CDH (7.15) Отрадненская ЦРБ / Otrandskaya CDH (6.3)	Шлиссель- бургская ЦРБ / Shlisselburg CDH (10.1) Кировская ЦРБ / Kirovsk CDH (9.9)	Киришская ЦРБ/ Kirishi CDH (4.13) Бокситогор- ская ЦРБ / Boksitogorsk CDH (2.68)	Всеволож- ская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (30.8) Волховская ЦРБ / Volkhov CDH (26.08)	ЛОКОД / LOKOD (6.97) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (4.26)	Всеволожская ЦРБ/ Vsevolozhsk CDH (39.07) Волховская ЦРБ/ Volkhov CDH (30.94) ЛОКОД / LOKOD (30.56) Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (30.53)
2016	Отрадненская ЦРБ / Otrandskaya CDH (3.13) Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (3.07)	Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (10.44) Киришская ЦРБ/ Kirishi CDH (8.69)	Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (2.94) Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (2.66)	Волховская ЦРБ / Volkhov CDH (27.01) Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (24.57)	ЛОКОД / LOKOD (4.65) Шлиссель- бургская ЦРБ/ Shlisselburg CDH (2.83)	Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (41.32) Волховская ЦРБ / Volkhov CDH (34.97) Всеволожская ЦРБ/ Vsevolozhsk CDH (27.00) Тосненская ЦРБ / Tosno CDH (27.23)
2017	Выборгская поли- клиника / Viborg polyclinic (3.39) Волховская ЦРБ / Volkhov CDH (2.67)	Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (8.69) Шлиссель- бургская ЦРБ/ Shlisselburg CDH (7.13)	Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (2.94) Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (2.64)	Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (24.19) Тосненская ЦРБ / Tosno CDH (23.32)	ЛОКОД / LOKOD (7.75) Всеволож- ская ЦРБ/ Vsevolozhsk CDH (5.25)	Гатчинская ЦРБ / Gatchina CDH (37.20) Шлиссельбургская ЦРБ/ Shlisselburg CDH (32.83) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (29.57) ЛОКОД / LOKOD (29.18)
2018	Кингисеппская ЦРБ / Kingisepp CDH(4.63) Тосненская ЦРБ / Tosno CDH (3.75)	Токсовская ЦРБ/ Volkhov CDH (16.41) Кировская ЦРБ/ Kirovsk CDH (7.40)	Волховская ЦРБ/ Volkhov CDH (2.9) Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (2.4)	Всеволож- ская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (46.61) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (30.51)	Всеволож- ская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (8.37)	Всеволожская ЦРБ/ Vsevolozhsk CDH (62.83) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (36.15) Шлиссельбургская ЦРБ/ Shlisselburg CDH (34.55) Кингисеппская ЦРБ / Kingisepp CDH (31.86)
2019	Всеволожская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (11.52) Выборгская поли- клиника / Viborg polyclinic (4.50)	Токсовская ЦРБ / Toksovo CDH (14.57) Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (9.8)	Киришская ЦРБ/ Kirishi CDH (2.61) Бокситогор- ская ЦРБ / Boksitogorsk CDH (2.36)	Всеволож- ская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (82.70) Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (34.06)	Всеволож- ская ЦРБ / Vsevolozhsk CDH (16.53) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (6.14)	Всеволожская ЦРБ/ Vsevolozhsk CDH (113.72) Тихвинская ЦРБ / Tikhvin CDH (48.37) Выборгская ЦРБ / Viborg CDH (39.31) ЛОКОД / LOKOD (34.23)

Примечание: КТ/СТ — компьютерная томография / computed tomography; РГ/RG — рентгенография / radiography; РС/FS — рентгеноскопия / fluoroscopy; ФЛГ/FLG — флюорография/fluorography; ЦРБ/CDH — центральная районная больница / central district hospital.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception

of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балонов М.И. ред., Голиков В.Ю., Водоватов А.В. и др. Научные основы радиационной защиты в современной медицине. Том 1. Лучевая диагностика. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева; 2019.
2. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р. и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2020 г. Радиационная гигиена. 2021; 14(4): 103–113. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-103-113.
3. Барковский А.Н., Ахматдинов Руслан Р., Ахматдинов Рустам Р. и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2019 году: информационный сборник. СПб.; 2020.
4. Водоватов А.В. Практическая реализация концепции референтных диагностических уровней для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований. Радиационная гигиена. 2017; 10(1): 47–55.
5. Водоватов А.В., Историк О.А., Романович И.К. и др. Анализ структуры и аппарата парка лучевой диагностики в Ленинградской области за период 2010–2019 гг. Медицина и организация здравоохранения. 2021; 6(2): 43–64.
6. Единая система контроля индивидуальных доз — ЕСКИД. Организационная структура Федеральных банков. Доступен по: <http://niirg.ru/ESKID.htm>. (дата обращения 06.09.2022).
7. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД — информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию. Радиационная гигиена. 2017; 10(3): 7–17. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17.
8. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД — информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации. Радиационная гигиена. 2017; 10 (3): 18–35.
9. Приказ Минздрава РФ от 31.07.2000 № 298. Об утверждении Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. Доступен по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98143/ (дата обращения 01.09.2022).
10. Роспотребнадзор. Методические рекомендации. Заполнение формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ. Доступен по: http://www.niirg.ru/PDF/MR_3-DOS_2013.pdf (дата обращения 01.09.2022).
11. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2019 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2020.
12. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2019.
13. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2017 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2018.
14. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2016 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2017.
15. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2015 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2016.
16. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2014 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2015.
17. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2013 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2014.
18. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2012 г. Радиационно-гигиенический паспорт

- Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2013.
19. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2011 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2012.
 20. Роспотребнадзор. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2010 г. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2011.
 21. Сперанская А.А., Новикова Л.Н., Баранова О.П. и др. Лучевая диагностика COVID-19 у пациентов с интерстициальными заболеваниями легких. Визуализация в медицине. 2021; 3(1): 3–9.
 22. Чипига Л.А., Звонова И.А., Рыжкова Д.В. и др. Уровни облучения пациентов и возможные пути оптимизации ПЭТ-диагностики в России. Радиационная гигиена. 2017; 10(4): 31–43. Доступен по: <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-4-31-43> (дата обращения 01.03.2021).
 23. Chipiga L.A., Bernhardtsson C. Patient doses in Computed Tomography examinations in two regions of the Russian Federation. *Rad. Prot. Dos.* 2016; 169(1–4): 240–4.
 24. Vodovatov A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. et al. Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. *Rad. Prot. Dos.* 2017; 173 (1–3): 223–32.
- ографических исследований [Practical implementation of the concept of reference diagnostic levels for optimizing patient protection during routine radiographic examinations]. *Radiacionnaya gigiena.* 2017; 10(1): 47–55. (in Russian).
5. Vodovatov A.V., Historian O.A., Romanovich I.K. i dr. Analiz struktury i apparatnogo parka luchevoj diagnostiki v Leningradskoj oblasti za period 2010–2019gg. [Analysis of the structure and equipment park of radiation diagnostics in the Leningrad region for the period 2010–2019]. *Medicine and healthcare organization.* 2021; 6(2): 43–64. (in Russian).
 6. Edinaya sistema kontrolya individual'nyh doz — ESKID [Unified system for monitoring individual doses — ESKID]. Organizacionnaya struktura Federal'nyh bankov. Available at: <http://niirg.ru/ESKID.htm> (accessed 09/06/2022). (in Russian).
 7. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K. i dr. Radiacionno-gigienicheskaya pasportizaciya i ESKID — informacionnaya osnova prinyatiya upravlencheskih reshenij po obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti naseleniya Rossijskoj Federacii [Radiation-hygienic certification and ESKID — the information basis for making management decisions to ensure the radiation safety of the population of the Russian Federation]. *Soobshchenie 1. Osnovnye dostizheniya i zadachi po sovershenstvovaniyu.* *Radiacionnaya gigiena.* 2017; 10(3): 7–17. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17
 8. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K. i dr. Radiacionno-gigienicheskaya pasportizaciya i ESKID — informacionnaya osnova prinyatiya upravlencheskih reshenij po obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti naseleniya Rossijskoj Federacii. *Soobshchenie 2. Harakteristika istochnikov i doz oblucheniya naseleniya Rossijskoj Federacii.* [Radiation-hygienic certification and ESKID — the information basis for making managerial decisions to ensure the radiation safety of the population of the Russian Federation: Communication 2. Characteristics of sources and doses of exposure to the population of the Russian Federation]. *Radiacionnaya gigiena.* 2017; 10(3): 18–35. (in Russian).
 9. Prikaz Minzdrava RF ot 31.07.2000 N 298. Ob utverzhdenii Polozheniya o edinoj gosudarstvennoj sisteme kontrolya i ucheta individual'nyh doz oblucheniya grazhdan [On Approval of the Regulations on the Unified State System for Controlling and Recording Individual Exposure Doses of Citizens]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98143/ (accessed 09.01.2022). (in Russian).
 10. Rospotrebнадзор. Metodicheskie rekomendacii. Zapolnenie formy federal'nogo gosudarstvennogo statisticheskogo nablyudeniya № 3-DOZ. [Filling out the form of federal state statistical observation No. 3-DOZ]. Available at: http://www.niirg.ru/PDF/MR_3-DOS_2013.pdf (accessed 01.09.2022). (in Russian).

REFERENCES

1. Balonov M.I. red., Golikov V.Yu., Vodovatov A.V. i dr. *Nauchnye osnovy radiacionnoj zashchity v sovremennoj medicine* [Scientific foundations of radiation protection in modern medicine]. Tom 1. *Luhevaya diagnostika.* Saint Petersburg: NIIRG im. prof. P.V. Ramzaeva; 2019. (in Russian).
2. Barkovsky A.N., Akhmatdinov R.R., Akhmatdinov R.R. i dr. *Dozy oblucheniya naseleniya Rossijskoj Federacii v 2020 g.* [Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2020]. *Radiacionnaya gigiena.* 2021; 14(4): 103–13. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-103-113. (in Russian).
3. Barkovsky A.N., Akhmatdinov Ruslan R., Akhmatdinov Rustam R. i dr. *Dozy oblucheniya naseleniya Rossijskoj Federacii v 2019 godu* [Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2019]. *Informacionnyj sbornik.* Saint Petersburg; 2020. (in Russian).
4. Vodovatov A.V. *Prakticheskaya realizaciya koncepcii referentnyh diagnosticheskikh urovnej dlya optimizacii zashchity pacientov pri provedenii standartnyh rentgen-*

11. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2019 g. [Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2019]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2020. (in Russian).
12. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2018 g. [Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2018]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2019. (in Russian).
13. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2017 g. [Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2017]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2018. (in Russian).
14. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2016 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2016]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2017. (in Russian).
15. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2015 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2015]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2016. (in Russian).
16. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2014 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2014]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2015. (in Russian).
17. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2013 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2013]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2014. (in Russian).
18. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2012 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2012]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2013. (in Russian).
19. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2011 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2011]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2012. (in Russian).
20. Rospotrebnadzor. Rezul'taty radiacionno-gigienicheskoy pasportizacii v sub'ektah Rossijskoj Federacii za 2010 g. [Results of radiation-hygienic certification in the subjects of the Russian Federation for 2010]. Radiacionno-gigienicheskij pasport Rossijskoj Federacii. Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka; 2011. (in Russian).
21. Speranskaya A.A., Novikova L.N., Baranova O.P. i dr. Luchevaya diagnostika COVID-19 u patsientov s interstitsial'nymi zabolovaniami legkikh [Radiation diagnosis of COVID-19 in patients with interstitial lung diseases]. *Visualization in medicine*. 2021; 3(1): 3–9. (in Russian).
22. Chipiga L.A., Zvonova I.A., Ryzhkova D.V. i dr. Urovni obluheniya pacientov i vozmozhnye puti optimizacii PET-diagnostiki v Rossii [Patient exposure levels and possible ways to optimize PET diagnostics in Russia]. *Radiacionnaya gigiena*. 2017; 10(4): 31–43. Available at: <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-4-31-43> (accessed 03/01/2021). (in Russian).
23. Chipiga L.A., Bernhardsson C. Patient doses in Computed Tomography examinations in two regions of the Russian Federation. *Rad. Prot. dos.* 2016; 169(1–4): 240–4.
24. Vodovatov A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. i dr. Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. *Rad. Prot. dos.* 2017; 173(1–3): 223–32.