

ЯДЕРНАЯ, РАДИАЦИОННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

NUCLEAR, RADIATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY

<https://doi.org/10.26583/gns-2025-02-02>

EDN EEXHXJ

Оригинальная статья / Original paper



Радиационная обстановка и дозы облучения в Российской Федерации

В.В. Костерев¹  , А.Г. Цовьянов² , А.Г. Сивенков² , В.Е. Журавлева² 

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Российская Федерация

²Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический научный центр им. А.И. Бурназяна, г. Москва, Российская Федерация

 VVKosterev@mephi.ru

Аннотация. Статья содержит информацию о радиационной обстановке и дозах облучения населения, а также профессиональном облучении в 2022 г. на территориях, обслуживаемых ФМБА России. Анализируется радиационная обстановка и дозы облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона. Приводятся данные по облучению персонала групп А и Б предприятий, включая АЭС. Ни в одном из контролируемых регионов не наблюдалось превышения предельно допустимых уровней радиоактивного загрязнения воздуха и воды открытых водоемов в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Приведено распределение численности персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения или подвергающегося воздействию ионизирующих излучений по дозовым интервалам учета индивидуальных доз облучения, а также значения коллективной дозы. Основное количество персонала 58965 человек (67.5%) получило дозы облучения до 1 мЗв. Анализируется внешнее и внутреннее облучение персонала отечественных АЭС, для чего приводятся данные по средним значениям, медианам, модам, стандартным отклонениям, квантилям, коэффициентам вариации эффективных доз и коллективным дозам. По сравнению с 2017 г. у большинства АЭС коллективная доза незначительно уменьшилась. Средняя доза по сравнению с 2017 г. для большинства АЭС значимо не изменилась. Представлена информация о структуре, количестве рентгенорадиологических процедур по видам и группам органов, коллективной и средней дозе облучения пациентов для различных процедур в 2022 г. на территориях, обслуживаемых ФМБА России. В количественном соотношении преобладают флюорограммы органов грудной клетки. Приведена структура медицинского облучения пациентов в 2022 году. Наибольший вклад в коллективную дозу дает компьютерная томография – 75.01% при вкладе по количеству процедур в 6.25%. Проводится сравнение данных по радиационной обстановке и дозовым нагрузкам в РФ, полученным в 2022 г., с аналогичными данными для других лет.

Ключевые слова: радиационная обстановка, естественный радиационный фон, содержание радионуклидов, доза облучения, эффективная доза, коллективная доза, облучение населения, профессиональное облучение, рентгенорадиологические процедуры, медицинское облучение.

Для цитирования: Костерев В.В., Цовьянов А.Г., Сивенков А.Г., Журавлева В.Е. Радиационная обстановка и дозы облучения в Российской Федерации. *Глобальная ядерная безопасность*. 2025;15(2):12–23. <https://doi.org/10.26583/gns-2025-02-02>

For citation: Kosterev V.V., Tsovyanov A.G., Sivenkov A.G., Zhuravleva V.E. Radiation situation and radiation doses in the Russian Federation. *Nuclear Safety*. 2025;15(2):12–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.26583/gns-2025-02-02>

Radiation situation and radiation doses in the Russian Federation

Vladimir V. Kosterev¹  , Alexander G. Tsovyanov² , Alexander G. Sivenkov² ,
Valentina E. Zhuravleva² 

¹ National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russian Federation

² State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Biological Agency. Moscow, Russian Federation

 vvkosterev@mephi.ru

Abstract. The article contains information about the radiation situation and radiation doses of the population, as well as occupational exposure in 2022 in the territories served by the FMBA of Russia. The radiation situation and radiation doses of the population due to the natural and technogenically altered radiation background are analyzed. Data on the exposure of personnel of groups A and B of enterprises, including nuclear power plants, are presented. In none of the controlled regions there was any excess of the maximum permissible levels of radioactive contamination of air and water in open reservoirs in the sanitary protection zone and the observation zone. The distribution of the number of personnel working with ionizing radiation sources or exposed to ionizing radiation by dose intervals for individual radiation doses, as well as the value of the collective dose, is given. The main number of 58 965 personnel (67.5%) received radiation doses up to 1 mSv. The external and internal irradiation of personnel of domestic nuclear power plants is analyzed, for which data on averages, medians, modes, standard deviations, quantiles, coefficients of variation of effective doses and collective doses are provided. Compared to 2017, the collective doses of most nuclear power plants have decreased slightly. The average dose has not changed significantly for most nuclear power plants compared to 2017. Information is provided on the structure, number of X-ray radiological procedures by types and groups of organs, collective and average radiation dose of patients for various procedures in 2022 in the territories serviced by the FMBA of Russia. The quantitative ratio is dominated by chest organ fluorograms. The structure of medical exposure of patients in 2022 is given. Computer tomography makes the largest contribution to the total dose – 75.01%, with a contribution of 6.25% in terms of the number of procedures. Data on radiation situation and radiation dose in the Russian Federation obtained in 2022 are compared with similar data for other years.

Keywords: radiation environment, natural radiation background, radionuclide content, radiation dose, effective dose, collective dose, public exposure, occupational exposure, radiological procedures, medical exposure.

Введение

Единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) создана в целях реализации статьи 18 Федерального закона Российской Федерации от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», а также во исполнение Постановления Правительства Российской Федерации от 16 июня 1997 г. № 718 «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан».

Исходным материалом для анализа служат поступившие в ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России годовые формы федерального государственного статистического наблюдения, утвержденные постановлениями Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации (Росстата) от 18.11.2005 г. № 84: № 1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений», № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований» и № 4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного фона».

Основными документами, характеризующими состояние радиационной безопасности организаций и территорий, являются радиационно-гигиенические паспорта организаций и территорий. Одним из основных показателей оценки радиационной безопасности являются индивидуальные и коллективные эффективные дозы облучения населения и персонала.

В статье приведены выборочные данные из радиационно-гигиенических паспортов предприятий и территорий, обслуживаемых ФМБА России – об уровнях содержания радионуклидов в воздухе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), данные о наиболее представительных дозах облучения населения, а также дозах облучения персонала в нормальных условиях эксплуатации техногенных источников, полученные на основе анализа и обобщения информации за 2022 г., содержащейся в Федеральном банке данных индивидуальных доз облучения.

Радиационная обстановка на территориях, обслуживаемых ФМБА России, и дозы облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона

На указанных территориях контролируется содержание основных дозообразующих радионуклидов: Cs-137, Sr-90, I-131, Ra-226,

а также альфа и бета-компоненты радиоактивности в объектах внешней среды (воздух, вода). В таблице 1 в качестве примера представлены данные по объемной активности радионуклидов в воздухе санитарно-защитной зоны за 2022 г. для некоторых из контролируемых территорий. Анализ приведенных данных позволяет констатировать удовлетворительную, в целом, радиационную обстановку на территориях, обслужива-

емых ФМБА России. Ни в одном из контролируемых регионов не наблюдалось превышения предельно допустимых уровней радиоактивного загрязнения воздуха и воды открытых водоемов в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Аналогичный вывод сделан в работе [1], где исследовалась радиоэкологическая обстановка на территории Краснодарского края.

Таблица 1. Содержание радионуклидов в воздухе санитарно-защитной зоны предприятий на территориях, обслуживаемых ФМБА, средняя/максимальная (Бк/м³)

Table 1. Levels of radionuclides in the air of the sanitary protection zone of enterprises in the territories serviced by the FMBA, average/maximum (Bq/m³)

№	Субъект Российской Федерации	Территория	Ведомственная принадлежность	Санитарно-защитная зона					
				¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³¹ I	²²⁶ Ra	ΣA _β	ΣA _α
1	Воронежская область	г. Нововоронеж	Госкорпорация "Росатом"	1.55•10 ⁻³ / 1.70•10 ⁻³	не проводилось	не обнаружен	не проводилось	4.81•10 ⁻⁴ / 1.70•10 ⁻³	не проводилось
2	Курская область	г. Курчатова	Госкорпорация "Росатом"	6.80•10 ⁻⁹ / 2.10•10 ⁻⁸	не проводилось	не проводилось	не проводилось	8.70•10 ⁻⁹ / 6.00•10 ⁻⁸	не проводилось
3	Ленинградская область	г. Сосновый Бор	Госкорпорация "Росатом"	1.30•10 ⁻⁵ / 7.02•10 ⁻⁵	1.90•10 ⁻⁶ / 8.60•10 ⁻⁶	не проводилось	не проводилось	2.63•10 ⁻⁵ / 4.06•10 ⁻⁴	не проводилось
4	Мурманская область	г. Полярные Зори	Госкорпорация "Росатом"	9.20•10 ⁻⁴ / 3.80•10 ⁻³	не проводилось	не обнаружен	не проводилось	1.47•10 ⁻¹ / 2.40•10	не проводилось
5	Ростовская область	г. Волгодонск	Госкорпорация "Росатом"	9.59•10 ⁻⁷ / 2.53•10 ⁻⁶	не проводилось	1.22•10 ⁻⁷ / 1.17•10 ⁻⁶	не проводилось	3.42•10 ⁻⁷ / 2.53•10 ⁻⁶	не проводилось
6	Саратовская область	г. Балаково	Госкорпорация "Росатом"	2.35•10 ⁻⁷ / 6.15•10 ⁻⁷	не проводилось	2.00•10 ⁻⁷ / 2.00•10 ⁻⁷	не проводилось	2.12•10 ⁻⁷ / 6.15•10 ⁻⁷	не проводилось
7	Свердловская область	г. Заречный	Госкорпорация "Росатом"	8.60•10 ⁻³ / 9.80•10 ⁻³	8.40•10 ⁻³ / 9.50•10 ⁻³	не обнаружен	не обнаружен	5.67•10 ⁻³ / 9.80•10 ⁻³	не обнаружен
8	Смоленская область	г. Десногорск	Госкорпорация "Росатом"	1.53•10 ⁻⁶ / 1.24•10 ⁻⁵	не проводилось	не проводилось	не проводилось	3.11•10 ⁻⁶ / 3.91•10 ⁻⁵	не проводилось
9	Тверская область	г. Удомля	Госкорпорация "Росатом"	6.80•10 ⁻⁴ / 1.30•10 ⁻³	1.10•10 ⁻⁴ / 1.20•10 ⁻⁴	не проводилось	не проводилось	3.95•10 ⁻⁴ / 1.30•10 ⁻³	не проводилось
10	Чукотский автономный округ	г. Билибино	Госкорпорация "Росатом"	не проводилось	не проводилось	не проводилось	не проводилось	1.00•10 ⁻⁹ / 1.00•10 ⁻⁹	не проводилось
11	Чукотский автономный округ	г. Певек	Госкорпорация "Росатом"	3.85•10 ¹ / 1.60•10 ²	не проводилось	не проводилось	не проводилось	3.01•10 ¹ / 1.60•10 ²	не проводилось

В таблице 2 приведена структура индивидуальных доз населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2022 году. Представлены дозы за счет К-40, космического излучения, внешнего облучения (ВО), радона, воды, пищи, а также суммарная доза для некоторых из контролируемых территорий. Из таблицы

следует, что дозы в различных пунктах мало отличаются. Максимальное значение зафиксировано в Ставропольском крае (г. Лермонтов) – 11.81 мЗв. Основной вклад дает доза внутреннего облучения за счет ингаляции изотопов радона.

Таблица 2. Структура индивидуальных доз населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2022 году, мЗв

Table 2. Structure of individual doses of the population due to natural and technogenically altered radiation background in 2022, mSv

№	Регион РФ	Населенный пункт	Число жителей	К-40	Космика	ВО	Радон	Пища	Вода	Суммарная доза
1	Ставропольский край	г. Лермонтов	25290	0.17	0.40	1.08	10.02	0.12	0.01	11.81
2	Красноярский край	г. Железногорск	92311	1.11	4.61	0.12	0.01	0.4	0.17	6.4
3	Челябинская область	п. Метлино	4543	0.17	0.4	0.70	4.49	0.13	0.01	5.9
4		п. Новогорный	7165	0.17	0.4	0.63	3.56	0.13	0.13	4.89
5	Свердловская область	г. Заречный	32362	0.49	3.52	0.12	0.01	0.4	0.17	4.72
6	Челябинская область	г. Снежинск	48987	0.17	0.40	0.82	3.06	0.12	0.01	4.59
7		п. Сокол	334	0.17	0.40	0.87	2.88	0.12	0.01	4.45
8		г. Озерск	78005	0.17	0.4	0.58	3.05	0.13	0.01	4.33
9	Пензенская область	г. Заречный	65318	0.17	0.40	0.47	3.10	0.12	0.01	4.27
10	Красноярский край	г. Зеленогорск	61821	0.17	0.40	1.61	1.62	0.01	0.12	3.94
11	Мурманская область	г. Полярные Зори	14195	0.17	0.40	0.67	2.54	0.12	0.01	3.92
12	Свердловская область	п. Починок	920	0.17	0.40	0.41	2.74	0.12	0.01	3.86
13	Смоленская область	г. Десногорск	26872	0.17	0.40	1.05	1.78	0.12	0.01	3.54
14	Нижегородская область	г. Саров	96479	0.17	0.40	0.70	1.87	0.12	0.01	3.28
15	Курская область	г. Курчатов	40318	0.17	0.40	0.85	1.35	0.12	0.01	2.91
16	Саратовская область	г. Шиханы	5558	0.17	0.40	0.54	1.63	0.12	0.01	2.88
17	Приморский край	г. Большой Камень	39873	0.17	0.40	0.80	1.26	0.12	0.01	2.77
18	Саратовская область	п. Михайловский	2029	0.17	0.40	0.60	1.44	0.12	0.01	2.75
19	Томская область	г. Северск	111452	0.17	0.40	0.70	1.18	0.24	0.01	2.71
20	Приморский край	г. Фокино	31127	0.17	0.40	0.83	1.06	0.12	0.01	2.6
21	Челябинская область	г. Трехгорный	32509	0.17	0.40	0.14	1.70	0.12	0.01	2.53
22	Московская область	г. Красноармейск	26448	0.17	0.40	0.77	0.85	0.12	0.01	2.33
23	Мурманская область	п. Африканда	1457	0.17	0.40	0.65	0.89	0.12	0.01	2.24
24	Свердловская область	г. Новоуральск	79002	0.17	0.40	0.52	1.02	0.12	0.01	2.24
25		п. Тарасково	1101	0.17	0.40	0.39	0.91	0.12	0.01	2.01
26	Мурманская область	п. Зашеек	743	0.17	0.40	0.56	0.65	0.12	0.01	1.91
27	Ленинградская область	г. Сосновый Бор	65491	0.17	0.40	0.55	0.54	0.01	0.13	1.81
28	Ульяновская область	г. Димитровград	111101	0.17	0.40	0.37	0.34	0.12	0.01	1.42
29	Воронежская область	г. Нововоронеж	31500	0.17	0.40	0.12	0.01	0.12	0.17	0.88
30	Свердловская область	г. Лесной	46910	0.17	0.40	0.12	0.01	0.4	0.17	0.71

Анализ облучения персонала организаций на территориях, обслуживаемых ФМБА России

Отчет по форме № 1-ДОЗ за 2022 г. представили 603 организации, общее число персонала в них составляло 87 363 человека. В таблице 3 представлены данные о распределении персонала групп А и Б предприятий обслуживаемых ведомств по дозовым интервалам. Основное количество персонала 58965 человек (67.5%) получило дозы облу-

чения до 1 мЗв, от 1 до 2 мЗв – 15390 человек (17.6%), от 2 до 5 мЗв – 9065 человек (10.4%), дозы от 5 до 12.5 мЗв получили 3351 человек (3.8%), дозы от 12.5 до 20 мЗв получили 589 человек (0.7%). Годовая эффективная доза в диапазоне 20-50 мЗв в 2022 г. зафиксирована у двух человек, превышение дозы 50 мЗв зафиксировано у одного человека. Отметим, что превышение дозы 20 мЗв в 2011 году было зафиксировано у 30 человек [2].

Таблица 3. Распределение численности персонала групп А и Б по диапазонам индивидуальных годовых эффективных доз производственного облучения за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения в 2022 году

Table 3. Distribution of the number of personnel in groups A and B by the ranges of individual annual effective doses of industrial radiation due to the normal operation of man-made ionizing radiation sources in 2022

Группа персонала	Численность, чел.	Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне доз, мЗв / год							Средняя доза, мЗв / год	Коллективная доза, чел.-Зв/год
		0–1	1–2	2–5	5 – 12.5	12.5–20	20–50	>50		
Группа А	79323	51443	14918	9020	3350	589	2	1	1.29	110.65
Группа Б	8040	7522	472	45	1				0.36	3.12
ВСЕГО	87363	58965	15390	9065	3351	589	2	1	0.83	113.77
%	100.0	67.5	17.6	10.4	3.8	0.7	0.0	0.0	-	-

В таблице 4 представлены данные по внешнему и внутреннему облучению на АЭС. При анализе данных об индивидуальных годовых эффективных дозах внешнего и внутреннего облучения выявлено большое количество нулевых значений доз на атомных электростанциях (АЭС): Балаковская – 48%, Белоярская – 56%, Ростовская – 73%, Калининская – 59%, Нововоронежская –

51%. Медиана распределения доз для четырех АЭС равна нулю, соответственно, больше половины персонала на дозиметрическом контроле имеют на этих станциях нулевое значение дозы. Мода дозового распределения равна нулю для всех АЭС кроме Билибинской. Среднее значение дозы для АЭС с реакторами ВВЭР значительно ниже, чем для станций с другими реакторами.

Таблица 4. Внешнее и внутреннее облучение персонала АЭС

Table 4. External and internal exposure of NPP personnel

АЭС	Численность персонала, чел.	Число нулевых значений дозы	Коллективная доза, чел.-Зв	Среднее, мЗв	Стандартное отклонение, мЗв	Медиана, мЗв	Мода, мЗв	Квантиль, мЗв		Коэффициент вариации, %
								5%	95%	
Балаковская	1631	787	0.27	0.17	0.35	0.1	0	0	0.8	209.22
Белоярская	2692	1517	1.81	0.47	1.47	0	0	0	2.94	315.12
Билибинская	678	0	1.44	3.09	4.08	1.01	0.01	0.01	12.8	131.8
Калининская	1931	1142	0.73	0.4	1.16	0	0	0	2.32	294.56
Кольская	1916	692	0.98	0.99	1.75	0.09	0	0	4.23	177.28
Курская	3036	223	3.53	1.25	1.81	0.65	0	0	4.74	145.28
Ленинградская	3365	545	5.50	1.67	2.79	0.58	0	0	8.43	167.14
Нововоронежская	2058	1044	1.33	0.66	1.75	0	0	0	3.64	265.87
ПАТЭС	206	73	0.03	0.17	0.18	0.12	0	0	0.52	104.87
Ростовская	2913	2117	0.34	0.23	0.7	0	0	0	1.34	306.31
Смоленская	2593	121	4.06	1.66	2.41	0.78	0	0.01	6.84	145.36
Всего	23019	8261	20.02	0.98	1.68	0.3	0	0	4.42	205.71

Из данных таблицы следует, что минимальное среднее значение индивидуальных доз составляет 0.17 мЗв – у работников Балаковской АЭС и ПАТЭС, максимальное среднее значение равное 3.09 мЗв – у работников Билибинской АЭС. Медианные значения, и тем более моды, еще (и, как правило, существенно) ниже.

При числе нулевых значений больше 50%, медиана распределения индивидуальной дозы равняется нулю. Соответственно на Белоярской, Калининской, Нововоронежской и Ростовской АЭС медиана равна нулю. Мода, т.е. наиболее часто встречающаяся доза персонала всех АЭС, кроме Билибинской, также равна нулю. Среднее значение дозы, как правило, превышает медиану больше, чем в 2 раза, причем на Кольской АЭС это превышение максимально и равно 11. Стандартное отклонение дозового распределения персонала минимально на АЭС ПАТЭС и равно 0.18, максимально на Билибинской АЭС – 4.08. Наибольшая коллективная доза 5.50 чел.-Зв зарегистрирована на Ленинградской АЭС, наименьшая 0.03 чел.-Зв на ПАТЭС.

По сравнению с 2017 г. у большинства АЭС коллективная доза незначительно уменьшилась. Самое значительное уменьшение произошло на Балаковской АЭС – в 4.1 раза с 1.1 до 0.27 чел.-Зв. На Кольской

– в 2.6 раза с 2.56 до 0.98 чел.-Зв, на Билибинской – в 1.9 раза с 2.68 до 1.44 чел.-Зв. Увеличение коллективной дозы произошло только на Белоярской АЭС – с 1.33 до 1.81 чел.-Зв [3]. Средняя доза по сравнению с 2017 г. для большинства АЭС значимо не изменилась. В 4.1 раза уменьшилась средняя доза на Балаковской АЭС – с 0.7 до 0.17 мЗв, что обеспечило аналогичное уменьшение коллективной дозы и в 1.6 раза уменьшилась доза на Ленинградской АЭС – с 2.73 до 1.67 мЗв. Значимо, в 2.1 раза возросла средняя доза на Ростовской АЭС – с 0.11 до 0.23 мЗв [3].

В таблице 5 представлены численность, а также средние и максимальные дозы облучения персонала в организациях различного вида в 2022 году. Анализ показывает, что максимальные среди максимальных доз зарегистрированы в промышленности (персонал группы А) – 50.98 мЗв, минимальные среди максимальных доз для персонала группы А зарегистрированы у организаций «Таможенные» – 3.21 мЗв. Максимальные значения средних доз зарегистрированы у организаций «Таможенные» – 2.01 мЗв (персонал группы А), минимальные у организаций «Научные и учебные», а также «Прочие особо радиационноопасные» – 0.12 мЗв (персонал группы Б).

Таблица 5. Численность, средние, а также максимальные дозы облучения персонала в организациях в 2022 г.
Table 5. Number, average, and maximum radiation doses of personnel in organizations in 2022

Виды организаций	Число организаций, шт.	Группа персонала	Численность, чел.	Средняя доза, мЗв/год	Максимальная доза, мЗв/год
Атомные электростанции	11	А	23005	0.96	15.63
		Б	14	-	-
Геологоразведочные и добывающие	5	А	789	1.23	12.96
		Б	58	0.38	0.93
Медучреждения	266	А	3020	1.03	14.00
		Б	602	0.71	3.60
Научные и учебные	54	А	11797	1.13	27.36
		Б	1289	0.12	1.74
Промышленные	167	А	30319	1.44	50.98
		Б	4640	0.38	5.08
Прочие	66	А	5764	1.71	14.99
		Б	681	0.47	4.84
Прочие особо радиационноопасные	12	А	3352	1.69	19.76
		Б	482	0.12	0.72
Пункты захоронения РАО	21	А	1273	1.44	14.21
		Б	274	0.47	2.90
Таможенные	1	А	4	2.01	3.21
Всего А	-	А	79323	1.27	50.98
Всего Б	-	Б	8040	0.36	5.08
Итого	603	А+ Б	87363	1.18	56.06

При проведении сравнения полученных доз облучения в РФ с данными для других стран необходимо учитывать различные факторы: в каждой стране действует своя структура учета и систематизации доз и, как правило, неизвестна методика обработки данных. Даже в пределах конкретной страны результаты одного года не всегда напрямую сопоставимы с результатами других лет.

Тем не менее, некоторые сравнения провести можно. Например, анализ профессионального воздействия ионизирующего излучения в медицинских и промышленных целях в трех провинциях Центрального Китая в период с 2000 по 2021 г. показал, что среднегодовая эффективная доза в медицине и промышленности снизилась с 2.042 мЗв и 2.334 мЗв в 2000-2002 гг. до 0.476 мЗв и 0.371 мЗв в 2021 г., соответственно [4]. В РФ средние дозы составили 0.88 мЗв у персонала группы А и 0.80 мЗв у персонала группы Б в медицине и 1.40 мЗв у персонала группы А и 0.36 мЗв у персонала группы Б в промышленности [5]. Доля работников, получающих годовую дозу облучения, не превышающую 1 мЗв, увеличилась с 60.78% и 74.45% в 2000-2002 гг. до 94.20% и 96.85% в 2021 г. соответственно, в то время как годовые дозы облучения, превышающие 20 мЗв, снизились с 1.35% и 1.91% в 2000-2002 гг. до 0.18% и 0.03% в 2021 г., соответственно. В РФ в промышленности доля работников, получающих годовую дозу меньше 1 мЗв составила в 2021 г. 66%, а годовые дозы облучения, превышающие 20 мЗв составили 0.002% [5].

В соответствии с [6] средняя доза для профессионального медицинского облучения на медицинском факультете Университета Хатай Мустафы Кемаля имени Тайфура Ата Сокмена в 2021 г. составила 1.31 мЗв, что примерно в 1.5 раза выше чем у медицинского персонала группы А в РФ [5].

С 2020 г. анализ доз во Франции осуществлялся с использованием новой методологии³. В этой связи средняя индивидуальная доза групп А и Б приведена только

суммарно для всей контролируемой когорты, включая медицинское облучение – 1.20 мЗв и 0.85 мЗв для 395040 и 369712 работников, соответственно, что близко к аналогичным значениям в РФ [5].

Отметим, что сравнительная оценка доз профессионального облучения в России и за рубежом проводилась, например, в работе [7].

Дозы облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований

При анализе использованы отчеты по форме государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» за 2022 г., полученные от 246 медицинских учреждений ФМБА России.

В таблицах приведены данные для следующих рентгенорадиологических процедур: флюорография, рентгенография, рентгеноскопия, компьютерной томография и прочих.

Суммарное количество всех диагностических рентгенорадиологических процедур в медучреждениях ФМБА России за 2022 г. составило 5617870 ед. (табл. 6). В количественном соотношении преобладают флюорограммы органов грудной клетки (1643479 ед.), рентгенограммы молочной железы (841599 ед.), рентгенограммы конечностей (752194 ед.), рентгенограммы органов грудной клетки (680256 ед.) и рентгенограммы челюстно-лицевой области (489518 ед.). Наибольшее количество рентгенорадиологических процедур приходится на органы грудной клетки (2477107 ед.), молочной железы (841599) и конечностей (772584 ед.).

В таблице 7 приведены средняя эффективная доза облучения и коллективная доза при рентгенологических исследованиях по виду и группе органов.

³ ASN Report on the State of Nuclear Safety and Radiation Protection in France in 2020. 2020. Montrouge. France. <https://www.french-nuclear-safety.fr/>

Таблица 6. Рентгенологические процедуры по виду и группе органов в медицинских учреждениях
Table 6. X-ray procedures by type and group of organs in medical institutions

Исследуемый орган	Флюоро- графия	Рентгеногра- фия	Рентгено- скопия	Томогра- фия	Прочие	Всего
Органы грудной клетки	1643479	680256	3508	147634	2230	2477107
В т.ч. за счет профилактических процедур	1175406	153822	-	-	-	1329228
Конечности	202	752194	7608	12033	547	772584
Шейные позвонки	2457	118364	-	4897	111	125829
Грудные позвонки	74	62831	10	6419	36	69370
Поясничные позвонки	86	138420	91	11433	260	150290
Таз и бедро	34	102933	27	19842	51	122887
Рёбра и грудина	225	28224	-	187		28636
Органов пищеварения	-	22241	1048	42283	514	66086
Верхняя часть желудочно-кишечного тракта	-	42842	12979	-	466	56287
Нижняя часть желудочно-кишечного тракта	-	28900	8785	-	125	37810
Череп	619	220885	-	74864	2223	298591
Челюстно-лицевая область, в т.ч. зубы	92	489518	-	13440	168	503218
Почки, мочевыводящая система	-	43207	328	9917	496	53948
Молочная железа	-	841599	-	-	-	841599
В т.ч. за счет профилактических процедур	-	492423	-	-	-	492423
Прочие	-	2795	-	8313	2520	13628
Всего	1647268	3575209	34384	351262	9747	5617870

Таблица 7. Средняя эффективная доза облучения и коллективная доза при рентгенологических исследованиях по виду и группе органов
Table 7. Average effective radiation dose and collective dose during X-ray examinations by type and group of organs

Исследуемый орган	Флюоро- графия	Рентгено- графия	Рентгено- скопия	Томогра- фия	Прочие	Всего	
						Коллектив- ная доза, чел-Зв/год	Средняя доза, мЗв
Органы грудной клетки	0.05	0.06	2.57	4.93	21.92	904.12	0.36
В т.ч. за счет профилактических процедур	0.04	0.07	-	-	-	63.36	0.05
Конечности	0.01	0.01	1.09	0.47	8.89	27.87	0.04
Шейные позвонки	0.07	0.07		2.95	7.59	23.77	0.19
Грудные позвонки	0.05	0.20	0.01	4.35	1.85	40.31	0.58
Поясничные позвонки	0.56	0.35	0.66	6.60	0.86	124.13	0.83
Таз и бедро	0.23	0.38	4.48	6.57	1.88	169.60	1.38
Рёбра и грудина	0.10	0.25		2.54		7.56	0.26
Органов пищеварения		0.52	2.54	8.17	14.78	367.09	5.55
Верхняя часть желудочно-кишечного тракта	-	0.26	2.83	-	8.63	51.88	0.92
Нижняя часть желудочно-кишечного тракта	-	0.42	4.34	-	7.40	51.29	1.36
Череп	0.14	0.05	-	1.65	8.28	153.95	0.52
Челюстно-лицевая область, в т.ч. зубы	0.22	0.01	-	0.07	0.02	3.73	0.01

Исследуемый орган	Флюоро- графия	Рентгено- графия	Рентгено- скопия	Томогра- фия	Прочие	Всего	
						Коллектив- ная доза, чел-Зв/год	Средняя доза, мЗв
Почки, мочевыводящая система	-	0.34	4.59	5.30	5.28	71.37	1.32
Молочная железа	-	0.06	-	-	-	51.19	0.06
В т.ч. за счет профилактических процедур	-	0.06	-	-	-	28.34	0.06
Прочие	-	1.15	-	19.03	3.18	169.46	12.43
Всего	0.05	0.08	2.81	4.73	9.90	2217.32	0.40
Коллективная доза, чел-Зв/год	76.30	284.91	96.52	1663.04	96.55	-	-

Наибольшие средние дозы формируются в случае «Прочие» – 9.90 мЗв, при компьютерной томографии – 4.73 мЗв и рентгеноскопии – 2.81 мЗв. Причем, при компьютерной томографии дозы могут достигать 19.03 мЗв. В случае рентгеноскопии максимальные дозы реализуются при исследовании почек и мочевыводящей системы – 4.59 мЗв. Сравнение с данными 2011 г. показывает, что средние дозы за счет медицинских процедур уменьшились, например, для флюорографии с 0.12 мЗв до 0.05 мЗв, рентгенографии с 0.21 мЗв до 0.08 мЗв, а для рентгеноскопии с 5.79 мЗв до 2.81 мЗв [2].

Наибольший вклад в коллективную дозу пациентов вносят исследование органов грудной клетки (904.12 чел.-Зв) – рост в 1.6 раза по сравнению с 2011 г. и органов пищеварения (367.09 чел.-Зв) [2]. Суммарная коллективная доза составила 2217.32 чел.-Зв (в 2011 г. 2212.59 чел.-Зв).

В таблице 8 приведена структура медицинского облучения пациентов в учреждениях ФМБА России за 2022 год. Рентгенография обеспечивает максимальный вклад по количеству процедур (63.64%) при вкладе по коллективной дозе всего в 12.85%, а по дозе максимальный вклад дает компьютерная томография (75.01%) при вкладе по количеству процедур всего в 6.25%.

Для сравнения, в 2011 г. рентгенография давала вклад по количеству процедур и коллективной дозе, соответственно 66.66% и 37.74%, а компьютерная томография 2.01% и 30.07%, соответственно [2]. Причина заключается в существенном росте томо-

графических исследований в последние годы.

Таблица 8. Структура медицинского облучения пациентов в 2022 году

Table 8. Structure of medical patient exposure in 2022

Виды процедур	Вклад в общее количество, %	
	По количеству процедур	По коллектив- ной дозе
Флюорография	29.33	3.44
Рентгенография	63.64	12.85
Рентгеноскопия	0.61	4.35
Компьютерная томография	6.25	75.01
Прочие	0.17	4.35
ВСЕГО:	100	100

Вопросы анализ и интерпретация эффективных доз медицинского облучения по рязанской области при рентгенографии на стационарных и передвижных аппаратах в зависимости от режима исследования и модели аппарата, типа аппарата, а также срока эксплуатации рассмотрены в [8], а возможности сравнения доз облучения медицинского персонала России и ряда зарубежных стран обсуждается в [9] с учетом существенных различий в обработке первичной измерительной информации, расчете на ее основе индивидуальных эффективных доз, а также способов усреднения полученных данных и их представления. Например, в соответствии с [10] разброс средних значений эффективных доз облучения различных органов и систем пациентов при радионуклидной диагностике составил (0.29 – 6.25) мЗв и (0.14 – 8.28) мЗв в РФ.

Заключение

Сравнение данных по радиационной обстановке и дозовым нагрузкам в РФ, полученных в 2022 г., с аналогичными данными для других лет [2,3] позволяет сделать вывод, что радиационная обстановка на объектах и территориях, обслуживаемых ФМБА, в целом мало меняется. Можно отметить более плавное распределение численности персонала по диапазонам индивидуальных годовых эффективных доз производственного облучения за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения в 2022 г. по сравнению с 2017 г. [3]. Так, в 2017 г. в диапазон до

1мЗв попало 78.6% персонала, а в 2022 г. только 67.5%. Соответственно, в других диапазонах в 2022 году наблюдается рост по сравнению с 2017 г., например, в диапазоне от 1 до 2 мЗв – 17.6% по сравнению с 10.4% [3].

В 2022 г., при общем уменьшении количества рентгенодиагностических исследований по сравнению с 2018 г. с 6 462 824 до 5 617 870, коллективная эффективная доза увеличилась с 1512.88 до 2212.59 чел.-Зв с вкладом компьютерной томографии 1663.04 чел.-Зв по сравнению с 813.27 чел.-Зв в 2018 году [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Плехотня Д.П., Е. А. Бураева Е.А., В. И. Ратушный В.И. Радиоэкологическая обстановка на отдельных территориях Южного федерального округа. *Глобальная ядерная безопасность*. 2024;14(1):22–28. EDN: CUEEXB. <https://doi.org/10.26583/gns-2024-01-03>
1. Plahotnyaya D.P., Buraeva E.A., Ratushnyj V.I. Radioecological situation in certain areas of the Southern Federal District. *Nuclear safety*. 2024;14(1):22–28. (In Russ.). EDN: CUEEXB. <https://doi.org/10.26583/gns-2024-01-03>
2. Костерев В.В., Цовьянов А.Г., Брагин Ю.Н., Сивенков А.Г. Дозы облучения персонала организаций и населения Российской Федерации в 2011 году. *Ядерная физика и инжиниринг*. 2014;5(5):456–464. <https://doi.org/10.1134/S2079562914050042>
2. Kosterev V.V., Tsovyanovb A.G., Braginb J.N., Sivenkovb A.G. Irradiation doses of the personnel of the organizations and the population of the Russian Federation in 2011. *Nuclear physics and engineering*. 2014;5(5):456–464. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S2079562914050042>
3. Kosterev V.V., Tsovyanov A.G., Sivenkov A.G., Zhuravleva V.E. Occupation Irradiation Dose in 2017. *Atomic energy*. 2020;127(6):382–387. <https://doi.org/10.1007/s10512-020-00640-4>
3. Li M., Deng L., Zhou W., Zhao Ya., Wang T., Hao Sh., Fan Sh., Deng Ju., Sun Q. Trends of Occupational Exposure to Ionizing Radiation in Central China for the Period 2000–2021. *Applied radiation and isotopes*. 2024;208:111283. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2024.111283>
4. Цовьянов А.Г., Костерев В.В., Сивенков А.Г., Журавлева В.Е. Радиационная обстановка и дозы облучения в Российской Федерации в 2021 году. *Аппарат и новости радиационных измерений*. 2023; 113(2):3–12. <https://doi.org/10.37414/2075-1338-2023-113-2-3-12>
4. Tsovyanovb A.G., Kosterev V.V., Sivenkovb A.G., Zhuravleva V.E. Radiation situation and radiation doses in the Russian Federation in 2021. *Apparatura i novosti radiacionnyh izmereniy*. 2023; 113(2):3–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.37414/2075-1338-2023-113-2-3-12>
5. Şahmaran T., Çoraplı H. Exploring occupational radiation exposure: insights from a decade-long study (2012–2021). *Journal of radiation research and applied sciences*. 2024;17(1):100830. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.100830>
5. Медведев А.Ю. Сравнительная оценка доз облучения персонала в России и за рубежом. *Радиационная гигиена*. 2010;3(2):45–51. <https://elibrary.ru/item.asp?id=15181758>
5. Medvedev A.Yu. Comparative assessment of occupational radiation exposure to individuals in Russia and abroad. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(2):45–51. (In Russ.). <https://elibrary.ru/item.asp?id=15181758>
6. Алехнович А.В., Аكوпова Н.А., Дружинина Ю.В., Ермолина Е.П. [и др.]. Анализ и интерпретация эффективных доз медицинского облучения по Рязанской области. *Медицинская физика*. 2019;84(4):60–68. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42372760>
6. Alekhnovich A.V., Akopova N.A., Druzhinina U.V., Ermolina E.P. [et al.]. Analysis and interpretation of effective doses of medical radiation in the Ryazan region. *Medical physics*. (In Russ.). 2019;84(4):60–68. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42372760>
7. Бажин С.Ю., Шлеенкова Е.Н., Кайдановский Г.Н., Ильин В.А. О возможности сравнения среднегодовых эффективных доз облучения медицинского персонала России и некоторых зарубежных стран. *Радиационная гигиена*. 2020;13(2):89–98. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2020-13-2-89-98>

Bazhin S.Yu., Shleenkova E.N., Kaidanovsky G.N., Ilyin V.A. Possibilities of comparing the average annual effective doses of medical personnel in Russia and some foreign countries. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(2):89–98. (In Russ.) <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2020-13-2-89-98>

10. Tastanova G.E., Li M.V., Yunuskhodjaev P., Pardaev A.M., Haidarova B.I. Comparative evaluation of effective radiation doses in patients and staff in medical radiology. *The bulletin of contemporary clinical medicine*. 2023;16(2):43–48. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16\(suppl.2\).43-48](https://doi.org/10.20969/VSKM.2023.16(suppl.2).43-48)

11. Цовьянов А.Г., Сивенков А.Г., Журавлева В.Е., Костерев В.В. Доза облучения пациентов при рентгено-радиологических исследованиях в 2018 г. *Атомная энергия*. 2020;129(6):346–350. Режим доступа: <https://www.j-atomicenergy.ru/index.php/ae/article/view/4253> (дата обращения: 27.02.2025).

Tsov'yanov A.G., Sivenkov A.G., Zhuravleva V.E., Kosterev V.V. The radiation dose of patients in x-ray radiological studies in 2018. *Atomic energy*. 2021;129(6):362–366. <https://doi.org/10.1007/s10512-021-00762-3>

ВКЛАД АВТОРОВ:

Костерев В.В. – проведение анализа доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгено-радиологических исследований, анализ облучения персонала организаций на территориях, обслуживаемых ФМБА России, формирование заключения; подготовка статьи;

Цовьянов В.Г. – участие в анализе облучения персонала организаций на территориях, обслуживаемых ФМБА России и подготовке заключения;

Сивенков А.Г. – сбор исходного материала, формирование базы данных и подготовка исследуемых выборок. Описание исследуемого материала;

Журавлева В.Е. – подготовка и статистический анализ таблиц, форматирование текста статьи в соответствии с требованиями издательства.

AUTHORS' CONTRIBUTION:

Kosterev V.V. – analysis of patients' radiation doses during medical X-ray radiological examinations, analysis of the radiation exposure of personnel of organizations in the territories served by the FMBA of Russia, conclusion formation; preparation of an article;

Tsovyanov V.G. – participated in the analysis of the exposure of personnel of organizations in the territories served by the FMBA of Russia and the conclusion formation;

Sivenkov A.G. – collection of source material, formation of a database and preparation of the studied samples. Description of the studied material;

Zhuravleva V.E. – preparation and statistical analysis of tables, formatting of the text of the article in accordance with the requirements of the publisher.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:

Статья написана в рамках выполнения НИР «Развитие экспериментальных и расчетных методов оценки радиационного воздействия на персонал и население на предприятиях и территориях, обслуживаемых ФМБА России» Рег. № 122040500055-0 в ЕГИСУ НИОКТР.

FUNDING:

The article was written as part of the research project «Development of experimental and computational methods for assessing radiation effects on personnel and the public in enterprises and territories serviced by the FMBA of Russia» Reg. No. 122040500055-0 in the EGISU R&D.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

Конфликта интересов нет.

CONFLICT OF INTEREST:

No conflict of interest

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Костерев Владимир Викторович, доцент, Институт ядерной физики и технологий, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-8005-5295>

e-mail: vvkosterev@mephi.ru

Цовьянов Александр Георгиевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-6994-0701>

e-mail: atsovyan@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Vladimir V. Kosterev, Associate Professor, Institut of Nuclear Physics and Technology, National Research Nuclear University «MPhI», Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-8005-5295>

e-mail: vvkosterev@mephi.ru

Alexander G. Tsovyanov, Cand. Sci. (Bio.), Head of laboratory of the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Biophysical Agency, Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-6994-0701>

e-mail: atsovyan@mail.ru

Сивенков Александр Геннадиевич, инженер
Федерального государственного бюджетного учрежде-
ния «Государственный научный центр Российской
Федерации - Федеральный медицинский биофизический
центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва, Российская
Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-7980-7680>

e-mail: Oanio34@yandex.ru

Журавлева Валентина Егоровна, научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учрежде-
ния «Государственный научный центр Российской
Федерации – Федеральный медицинский биофизиче-
ский центр имени А.И. Бурназяна», г. Москва,
Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-7197-7036>

e-mail: vuraw@mail.ru

Alexander G. Sivenkov, Engineer, State Research
Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical
Center of Federal Biophysical Agency,
Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-7980-7680>

e-mail: Oanio34@yandex.ru

Valentina E. Zhuravleva, Researcher, State Research
Center – Burnasyan Federal Medical
Biophysical Center of Federal Biophysical Agency,
Moscow, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-7197-7036>

e-mail: vuraw@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 05.03.2025

После доработки / Revision 05.06.2025

Принята к публикации / Accepted 10.06.2025