

Радиационная обстановка и дозы облучения в Российской Федерации в 2021 году

Статья содержит информацию о радиационной обстановке и дозах облучения населения, а также профессиональном облучении в 2021 году на территориях, обслуживаемых ФМБА России. Приведены распределение численности персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения или подвергающегося воздействию ионизирующих излучений по дозовым интервалам учета индивидуальных доз облучения на объектах разной ведомственной принадлежности, а также значения коллективной дозы. Представлена информация о структуре, количестве рентгено-радиологических процедур по видам и группам органов, коллективной и средней дозе облучения пациентов, полученной в 2021 году на территориях, обслуживаемых ФМБА России. Отмечается существенный рост вклада компьютерной томографии в коллективную дозу по сравнению с предыдущими годами.

Ключевые слова:

радиационная обстановка, естественный радиационный фон, доза облучения, коллективная доза, облучение населения, профессиональное облучение, рентгено-радиологические процедуры, медицинское облучение.

**А.Г.Цовьянов¹, В.В.Костерев²,
А.Г.Сивенков¹, В.Е.Журавлева¹**

¹ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

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) и зоны наблюдения (ЗН) объектов, в воде открытых водоемов на территории СЗЗ и ЗН, в пищевых продуктах, произведенных в зоне наблюдения и потребляемых местным населением, 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 2021 год, 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 радиоактивно-

сти в объектах внешней среды (воздух, вода). В табл.1 в качестве примера представлены данные по объемной активности радионуклидов в воздухе санитарно-защитной зоны за 2021 г. для некоторых из контролируемых территорий. Анализ приведенных данных позволяет констатировать удовлетворительную, в целом, радиационную обстановку на территориях, обслуживаемых 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.

В табл.2 приведена структура индивидуальных доз населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2021 г. Представлены дозы за счет К-40, космического излучения, внешнего облучения (ВО), радона, воды, пищи, а также суммарная доза для некоторых из контролируемых территорий. Максимальное значение зафиксировано в Челябинской области (г. Озерск) – 6,9 мЗв.

В табл.3 приведена структура средней индивидуальной дозы населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2021 г. Анализ данных показывает, что при средней дозе природного облучения на одного жителя в 2021 г., равной 3,1 мЗв/год, вклад дозы внутреннего облучения за счет ингаляции изотопов радона составляет 48%, вклад космического излучения – 21%, вклад внешнего облучения от источников терригенного происхождения составляет 17%, вклад К-40 – 8%, а на вклад пищи и воды приходится 6%.

Анализ облучения персонала организаций на территориях, обслуживаемых ФМБА России

Отчет по форме № 1-ДОЗ за 2021 г. представили 616 организаций, общее число персонала в них составляло 94446 человек.

Табл.1.1. Уровни содержания радионуклидов в воздухе санитарно-защитной зоны предприятий на территориях, обслуживаемых ФМБА, средняя/максимальная (Бк/м³).

| № | Субъект РФ | Территория | Ведомственная принадлежность | Санитарно-защитная зона | | | | | ΣA_{α} |
|----|--------------------|-------------------|------------------------------|---|---|---|-------------------|---|---|
| | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ¹³¹ I | ²²⁶ Ra | ΣA_{β} | |
| 1 | Воронежская обл. | г. Нововоронеж | Госкорпорация «Росатом» | 2,15·10 ⁻⁶ / 2,50·10 ⁻⁶ | Не проводилось | Не обнаружен | Не проводилось | 4,81·10 ⁻⁷ / 2,50·10 ⁻⁶ | Не проводилось |
| 2 | Курская обл. | г. Курчатова | Госкорпорация «Росатом» | 1,10·10 ⁻⁵ / 4,10·10 ⁻⁵ | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 2,60·10 ⁻⁵ / 1,20·10 ⁻³ | Не проводилось |
| 3 | Ленинградская обл. | г. Соосновный Бор | Госкорпорация «Росатом» | 1,16·10 ⁻⁵ / 2,84·10 ⁻⁵ | Не проводилось | 1,60·10 ⁻⁶ / 3,21·10 ⁻⁶ | Не проводилось | 1,16·10 ⁻⁴ / 9,09·10 ⁻⁴ | Не проводилось |
| 4 | Мурманская обл. | г. Полярные Зори | Госкорпорация «Росатом» | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 3,04·10 ⁻⁴ / 4,70·10 ⁻³ | Не проводилось |
| 5 | Ростовская обл. | г. Волгодонск | Госкорпорация «Росатом» | 4,33·10 ⁻⁷ / 5,03·10 ⁻⁷ | Не проводилось | 6,10·10 ⁻⁸ / 4,49·10 ⁻⁷ | Не проводилось | 1,67·10 ⁻⁷ / 5,03·10 ⁻⁷ | Не проводилось |
| 6 | Саратовская обл. | г. Балаково | Госкорпорация «Росатом» | 3,27·10 ⁻⁷ / 8,53·10 ⁻⁷ | Не проводилось | 2,00·10 ⁻⁷ / 2,00·10 ⁻⁷ | Не проводилось | 2,42·10 ⁻⁷ / 8,53·10 ⁻⁷ | Не проводилось |
| 7 | Свердловская обл. | г. Заречный | Госкорпорация «Росатом» | 7,70·10 ⁻⁶ / 8,80·10 ⁻⁶ | 7,00·10 ⁻⁶ / 7,90·10 ⁻⁶ | Не обнаружен | Не обнаружен | 4,90·10 ⁻⁶ / 8,80·10 ⁻⁶ | Не обнаружен |
| 8 | Смоленская обл. | г. Десногорск | Госкорпорация «Росатом» | 1,09·10 ⁻⁶ / 5,25·10 ⁻⁶ | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 2,56·10 ⁻⁶ / 2,06·10 ⁻⁵ | Не проводилось |
| 9 | Тверская обл. | г. Удомля | Госкорпорация «Росатом» | 1,20·10 ⁻⁶ / 3,20·10 ⁻⁶ | 9,00·10 ⁻⁸ / 9,00·10 ⁻⁸ | Не проводилось | Не проводилось | 6,45·10 ⁻⁷ / 3,20·10 ⁻⁶ | Не проводилось |
| 10 | Ульяновская обл. | г. Димитровград | Госкорпорация «Росатом» | 7,60·10 ⁻⁷ / 1,63·10 ⁻⁶ | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 1,64·10 ⁻⁵ / 4,20·10 ⁻⁵ | 7,70·10 ⁻⁶ / 1,60·10 ⁻⁵ |
| 11 | Чукотский АО | г. Билибино | Госкорпорация «Росатом» | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 1,87·10 ⁻⁶ / 7,48·10 ⁻⁶ | Не проводилось |
| 12 | Чукотский АО | г. Певек | Госкорпорация «Росатом» | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | Не проводилось | 1,62·10 ⁻¹ / 1,63·10 ⁻¹ | Не проводилось |

Табл.2. Структура индивидуальных доз населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2021 г., мЗв.

| № | Регион РФ | Населенный пункт | Число жителей | К-40 | Космика | ВО | Радон | Вода | Пища | Суммарная доза |
|----|-----------------------|-------------------|---------------|------|---------|------|-------|------|------|----------------|
| 1 | Алтайский край | г. Яровое | 18000 | 0,17 | 0,40 | 0,04 | 0,16 | 0,12 | 0,12 | 1,01 |
| 2 | Красноярский край | г. Зеленогорск | 61821 | 0,17 | 0,40 | 0,90 | 1,67 | 0,01 | 0,12 | 3,28 |
| 3 | Воронежская область | г. Нововоронеж | 31891 | 0,61 | 0,84 | 0,12 | 0,01 | 0,4 | 0,17 | 2,17 |
| 4 | Красноярский край | г. Железногорск | 92311 | 1,11 | 4,61 | 0,12 | 0,01 | 0,4 | 0,17 | 6,4 |
| 5 | Курская область | г. Курчатова | 44589 | 0,17 | 0,40 | 0,83 | 1,64 | 0,12 | 0,01 | 3,17 |
| 6 | Ленинградская область | г. Сосновый Бор | 67054 | 0,17 | 0,40 | 0,55 | 0,54 | 0,01 | 0,13 | 1,81 |
| 7 | Московская область | г. Красноармейск | 26301 | 0,17 | 0,40 | 0,75 | 0,78 | 0,01 | 0,12 | 2,23 |
| 8 | Мурманская область | г. Полярные Зори | 14195 | 0,17 | 0,40 | 0,64 | 1,91 | 0,01 | 0,12 | 3,25 |
| 9 | | п. Зашеев | 727 | 0,17 | 0,40 | 0,57 | 2,26 | 0,01 | 0,12 | 3,54 |
| 10 | | п. Африканда | 1460 | 0,17 | 0,40 | 0,64 | 1,75 | 0,01 | 0,12 | 3,10 |
| 11 | Пензенская область | г. Заречный | 65494 | 0,17 | 0,40 | 0,46 | 3,55 | 0,01 | 0,12 | 4,72 |
| 12 | Нижегородская область | г. Саров | 95251 | | 0,40 | 0,01 | 0,12 | 0,4 | 0,17 | 0,71 |
| 13 | Приморский край | г. Большой Камень | 40301 | 0,17 | 0,40 | 0,80 | 1,07 | 0,01 | 0,12 | 2,58 |
| 14 | | г. Фокино | 32162 | 0,17 | 0,40 | 0,73 | 0,93 | 0,01 | 0,12 | 2,36 |
| 15 | Саратовская область | г. Шиханы | 6017 | 0,17 | 0,40 | 0,68 | 1,44 | 0,01 | 0,12 | 2,83 |
| 16 | | п. Михайловский | 2589 | 0,17 | 0,40 | 0,61 | 1,44 | 0,01 | 0,12 | 2,76 |
| 17 | Свердловская область | г. Заречный | 32362 | 0,49 | 3,52 | 0,12 | 0,01 | 0,4 | 0,17 | 4,72 |
| 18 | Свердловская область | г. Лесной | 46910 | | | 0,12 | 0,01 | 0,4 | 0,17 | 0,71 |
| 19 | Свердловская область | г. Новоуральск | 78900 | 0,17 | 0,40 | 0,51 | 1,43 | 0,01 | 0,12 | 2,65 |
| 20 | | п. Починок | 1000 | 0,17 | 0,40 | | | 0,01 | 0,12 | 0,71 |
| 21 | | п. Тарасково | 1100 | 0,17 | 0,40 | 0,41 | 1,00 | 0,01 | 0,12 | 2,11 |
| 22 | Смоленская область | г. Десногорск | 28103 | 0,17 | 0,40 | 1,08 | 0,71 | 0,01 | 0,12 | 2,50 |
| 23 | Ставропольский край | г. Лермонтов | 24934 | 0,17 | 0,40 | | | 0,01 | 0,12 | 0,71 |
| 24 | Томская область | г. Северск | 105858 | 0,17 | 0,40 | 0,70 | 1,15 | 0,01 | 0,17 | 2,61 |
| 25 | Ульяновская область | г. Димитровград | 114301 | 0,17 | 0,40 | 0,37 | | 0,01 | 0,12 | 1,08 |
| 26 | Челябинская область | г. Трехгорный | 32618 | 0,17 | 0,40 | 0,75 | 3,19 | 0,01 | 0,02 | 4,55 |
| 27 | Челябинская область | г. Озерск | 78613 | 0,17 | 0,40 | 0,62 | 5,57 | 0,01 | 0,13 | 6,90 |
| 28 | | п. Метлино | 3777 | 0,17 | 0,40 | 0,62 | 2,24 | 0,01 | 0,13 | 3,56 |
| 29 | | п. Новогорный | 7952 | 0,17 | 0,40 | 0,60 | 3,19 | 0,01 | 0,13 | 4,49 |
| 30 | Челябинская область | г. Снежинск | 51921 | 0,82 | 0,40 | 0,12 | 0,76 | 0,01 | 0,17 | 2,29 |

Табл.3. Структура средней индивидуальной дозы облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2021 г.

| Вид облучения | К-40 | Космика | Внешнее | Радон | Вода | Пища | Суммарная доза, мЗв |
|--------------------------|------|---------|---------|-------|------|------|---------------------|
| Индивидуальная доза, мЗв | 0,25 | 0,64 | 0,52 | 1,48 | 0,08 | 0,13 | 3,10 |
| Вклад в процентах, % | 8 | 21 | 17 | 48 | 2 | 4 | 100 |

В табл.4 представлены данные о распределении персонала групп А и Б предприятий обслуживаемых ведомств по дозовым интервалам. Основное количество персонала – 62402 чел. (66%) – получило дозы облучения до 1 мЗв; от 1 до 2 мЗв – 17477 чел. (18,5%); от 2 до 5 мЗв – 10278 чел. (10,9%); дозы от 5 до 12,5 мЗв получили 3748 чел. (4,0%); дозы от 12,5 до 20 мЗв получили 539 чел. (0,6%). Годовая эффективная доза в диапазоне 20–50 мЗв в 2021 г. зафиксирована у одного

человека, превышение дозы 50 мЗв зафиксировано также у одного человека. Отметим, что превышение дозы 20 мЗв в 2011 г. было зафиксировано у 30 чел. [1].

В табл.5 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: Балаковская – 67%, Белоярская – 50%,

Табл.4. Распределение численности персонала групп А и Б по диапазонам индивидуальных годовых эффективных доз производственного облучения за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения в 2021 г.

| Группа персонала | Численность, чел. | Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне (мЗв/год) | | | | | | | Средняя доза, мЗв/год | Колл. доза, чел.-Зв/год |
|------------------|-------------------|--|-------|-------|--------|---------|-------|-----|-----------------------|-------------------------|
| | | 0–1 | 1–2 | 2–5 | 5–12,5 | 12,5–20 | 20–50 | >50 | | |
| Группа А | 85689 | 54282 | 16897 | 10224 | 3745 | 539 | 1 | 1 | 1,29 | 110,65 |
| Группа Б | 8757 | 8120 | 580 | 54 | 3 | | | | 0,36 | 3,12 |
| ВСЕГО | 94446 | 62402 | 17477 | 10278 | 3748 | 539 | 1 | 1 | 0,83 | 113,77 |
| % | 100 | 66,0 | 18,5 | 10,9 | 4,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | | |

Табл.5. Внешнее и внутреннее облучение персонала АЭС.

| 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 | 1658 | 1107 | 0,53 | 0,32 | 0,96 | 0 | 0 | 0 | 1,9 | 297,06 |
| Белоярская | 2656 | 1339 | 1,11 | 0,52 | 1,53 | 0 | 0 | 0 | 3,34 | 296,13 |
| Билибинская | 602 | 0 | 1,23 | 2,42 | 3,31 | 1,1 | 0,1 | 0,01 | 10,8 | 136,52 |
| Калининская | 1937 | 1275 | 0,70 | 0,37 | 1,15 | 0 | 0 | 0 | 2,01 | 311,21 |
| Кольская | 1935 | 724 | 0,93 | 0,86 | 1,82 | 0,06 | 0 | 0 | 4,81 | 211,76 |
| Курская | 3041 | 127 | 4,92 | 1,62 | 2,27 | 0,82 | 0 | 0,05 | 6,48 | 139,45 |
| Ленинградская | 3480 | 697 | 5,62 | 1,76 | 2,83 | 0,67 | 0 | 0 | 8,72 | 161,21 |
| Нововоронежская | 2042 | 1099 | 1,00 | 0,49 | 1,38 | 0 | 0 | 0 | 2,3 | 279,69 |
| ПАТЭС «Академик Ломоносов» | 267 | 70 | 0,05 | 0,26 | 0,3 | 0,16 | 0 | 0 | 0,85 | 112,78 |
| Ростовская | 3137 | 2058 | 0,64 | 0,44 | 1,22 | 0 | 0 | 0 | 2,52 | 280,05 |
| Смоленская | 2614 | 75 | 4,51 | 1,75 | 1,89 | 1,14 | 0 | 0,14 | 5,52 | 107,99 |
| Всего | 23369 | 8571 | 21,24 | 0,98 | 1,7 | 0,36 | 0,01 | 0,02 | 4,48 | 212,17 |

Ростовская – 66%, Калининская – 66%, Нововоронежская – 54%. Этот процент существенно вырос по сравнению с 2011 г. [1]. Медиана распределения доз для пяти АЭС равна нулю, соответственно, больше половины персонала на дозиметрическом контроле имеют 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.

Из данных табл.5 следует, что минимальное среднее значение индивидуальных доз составляет 0,26 мЗв у работников ПАТЭС «Академик Ломоносов», максимальное среднее значение, равное 2,42 мЗв, – у работников Билибинской АЭС. Медианные значения и тем более моды еще (и, как правило, существенно) ниже.

В табл.6 представлены численность, а также средние и максимальные дозы облучения персонала в организациях различного вида в 2021 г. Анализ показывает, что максималь-

ные дозы зарегистрированы в промышленности (персонал группы А) – 50,98 мЗв, минимальные – на АЭС (персонал группы Б) – 0,32 мЗв. Максимальные значения средних доз зарегистрированы у организаций «Прочие» – 1,59 мЗв (персонал группы А), минимальные на АЭС – 0,03 мЗв (персонал группы Б).

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 рентгено-радиологических исследований» за 2021 г., полученные от 243 медицинских учреждений ФМБА России.

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

Табл.6. Численность и средние дозы облучения персонала в организациях различного вида в 2021 г.

| Виды организаций | Число организаций, шт. | Группа персонала | Численность, чел. | Средняя доза, мЗв/год | Максимальная доза, мЗв/год |
|----------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|
| Атомные электростанции | 11 | А | 23355 | 1,02 | 15,88 |
| | | Б | 14 | 0,03 | 0,32 |
| Геологоразведочные и добывающие | 7 | А | 3163 | 3,11 | 19,37 |
| | | Б | 68 | 0,31 | 1,25 |
| Медучреждения | 263 | А | 2534 | 0,88 | 15,72 |
| | | Б | 617 | 0,80 | 4,78 |
| Научные и учебные | 60 | А | 13555 | 1,02 | 19,49 |
| | | Б | 1239 | 0,14 | 1,98 |
| Промышленные | 171 | А | 32277 | 1,40 | 50,98 |
| | | Б | 5141 | 0,36 | 4,35 |
| Прочие | 63 | А | 5815 | 1,59 | 14,99 |
| | | Б | 775 | 0,48 | 7,63 |
| Прочие особо радиационно опасные | 12 | А | 3295 | 1,39 | 19,40 |
| | | Б | 468 | 0,11 | 0,74 |
| Пункты захоронения РАО | 27 | А | 1692 | 1,17 | 11,18 |
| | | Б | 435 | 0,34 | 3,10 |
| Таможенные | 2 | А | 3 | 2,35 | 3,26 |
| Всего | 616 | А | 85689 | 1,29 | 50,98 |
| | | Б | 8757 | 0,36 | 7,63 |
| | | А+Б | 94446 | 0,83 | 58,61 |

Табл.7. Рентгенологические процедуры по виду и группе органов в медицинских учреждениях.

| Исследуемый орган | Флюоро- графия | Рентгено- графия | Рентгено- скопия | Томогра- фия | Прочие | Всего |
|------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------|---------|
| Органы грудной клетки | 1822592 | 747012 | 7088 | 241201 | 1435 | 2822014 |
| в т. ч. за счет профилактич. проц. | 1292876 | 127556 | | | | 1420432 |
| Конечности | 50 | 699004 | 315 | 10040 | 344 | 709919 |
| Шейные позвонки | 2648 | 116630 | | 3693 | 17 | 123037 |
| Грудные позвонки | 2 | 65692 | 6 | 2103 | | 67852 |
| Поясничные позвонки | 3 | 129108 | 44 | 6702 | | 135937 |
| Таз и бедро | 3 | 84779 | | 22835 | 24 | 107867 |
| Ребра и грудина | 10 | 20771 | | 16 | | 20797 |
| Органы пищеварения | | 38924 | 1495 | 57441 | 441 | 99009 |
| верхняя часть ЖКТ | | 58813 | 17642 | 84 | 852 | 77391 |
| нижняя часть ЖКТ | | 92410 | 20227 | 91 | 260 | 112988 |
| Череп | 1085 | 225589 | | 58014 | 2996 | 291149 |
| Челюстно-лицевая область | | 528506 | | 16109 | 1305 | 545823 |
| Почки, мочевыводящая система | | 58836 | 299 | 7977 | 1029 | 68141 |
| Молочная железа | | 787108 | | | | 787108 |
| в т. ч. за счет профилактич. проц. | | 491360 | | | | 491360 |
| Прочие | | 4420 | 155 | 6914 | 15318 | 26807 |
| Всего | 1826393 | 3657877 | 47271 | 440277 | 24021 | 5995839 |

Табл.8. Коллективная доза облучения в чел.-Зв при рентгенологических исследованиях по виду и группе органов.

| Исследуемый орган | Флюорог- графия | Рентгено- графия | Рентгено- скопия | Томо- графия | Прочие | Коллективная доза, чел.-Зв/год |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------|--------------------------------------|
| Органы грудной клетки | 87,83 | 57,51 | 18,52 | 1280,82 | 22,75 | 1485,30 |
| в т. ч. за счет профилактич. проц. | 64,30 | 8,81 | | | | 73,10 |
| Конечности | 0,0 | 13,87 | 0,20 | 10,33 | 0,32 | 24,73 |
| Шейные позвонки | 0,24 | 9,79 | | 10,89 | 0,14 | 21,15 |
| Грудные позвонки | | 16,25 | 0,0 | 12,46 | | 28,88 |
| Поясничные позвонки | | 55,40 | 0,02 | 54,26 | | 109,98 |
| Таз и бедро | 0,0 | 35,87 | | 147,28 | 0,35 | 184,52 |
| Ребра и грудина | 0,0 | 6,44 | | 0,15 | | 6,59 |
| Органы пищеварения | | 22,35 | 4,77 | 494,99 | 5,56 | 501,24 |
| Верхняя часть ЖКТ | | 19,36 | 59,93 | 1,23 | 4,70 | 85,21 |
| Нижняя часть ЖКТ | | 63,98 | 128,90 | 1,18 | 1,20 | 195,23 |
| Череп | 0,12 | 13,13 | | 123,40 | 24,93 | 167,99 |
| Челюстно-лицевая область | | 4,26 | | 2,03 | 0,01 | 6,29 |
| Почки, мочевыводящая система | | 25,68 | 0,52 | 53,30 | 2,00 | 81,49 |
| Молочная железа | | 63,72 | | | | 64,33 |
| в т. ч. за счет профилактич. проц. | | 35,53 | | | | 35,53 |
| Прочие | | 1,63 | 0,23 | 150,01 | 7,02 | 158,88 |
| Всего | 88,19 | 409,24 | 213,09 | 2340,72 | 68,98 | 3121,82 |

Суммарное количество всех диагностических рентгенорадиологических процедур в медицинских учреждениях ФМБА России за 2021 г. составило 5995839 ед. (табл.7).

В количественном соотношении преобладают флюорограммы органов грудной клетки (1822592 ед.), рентгенограммы молочной железы (787108 ед.), рентгенограммы органов грудной клетки (747012 ед.), рентгенограммы конечностей (699004 ед.) и рентгенограммы челюстно-лицевой области (528506 ед.).

Наибольшее количество рентгенорадиологических процедур приходится на органы грудной клетки (2822014 ед.), молочной железы (787108 ед.) и конечностей (709919 ед.).

Наибольший вклад в коллективную дозу пациентов вносят: исследование органов грудной клетки (1485,30 чел.-Зв) – почти пятикратный рост по сравнению с 2011 г., органов пищеварения (501,24 чел.-Зв) – табл.8.

Суммарная коллективная доза составила 3121,82 чел.-Зв (в 2011 г. – 2212,59 чел.-Зв). Основной вклад вносят томография (2340,72 чел.-Зв) и рентгенография (409,24 чел.-Зв).

В табл.9 приведены данные по средним дозам облучения за счет медицинских процедур в медицинских учреждениях ФМБА России в 2021 г. Наибольшие средние дозы формируются при компьютерной томографии – 5,32 мЗв и рентгеноскопии – 4,51 мЗв. Причем при компьютерной томографии дозы могут достигать 21,7 мЗв. В случае рентгеноскопии максимальные дозы реализуются при исследовании верхней части ЖКТ – 3,4 мЗв. Сравнение с данными 2010 г. показывает, что средние дозы за счет медицинских процедур уменьшились, например, для флюорографии с 0,13 мЗв до 0,05 мЗв, рентгенографии с 0,22 мЗв до 0,11 мЗв, а для рентгеноскопии с 6,24 мЗв до 4,51 мЗв [2].

В табл.10 приведена структура медицинского облучения пациентов в учреждениях ФМБА России за 2021 г. Рентгенография обеспечивает максимальный вклад по количеству процедур (60,83%) при вкладе по коллективной дозе всего в 12,30%, а по дозе максимальный вклад дает компьютерная томография (68,70%) при вкладе по количеству процедур всего в 7,46%.

Табл.9. Средние дозы облучения при рентгенологических исследованиях по виду и группе органов, мЗв.

| Исследуемый орган | Флюорография | Рентгенография | Рентгеноскопия | Томография | Прочие | Средняя доза, мЗв |
|------------------------------|--------------|----------------|----------------|------------|--------|-------------------|
| Органы грудной клетки | 0,05 | 0,08 | 2,61 | 5,31 | 15,85 | 0,53 |
| Конечности | 0,01 | 0,02 | 0,63 | 1,03 | 0,94 | 0,04 |
| Шейные позвонки | 0,09 | 0,08 | | 2,95 | 8,06 | 0,17 |
| Грудные позвонки | 0,04 | 0,25 | 0,25 | 5,92 | | 0,43 |
| Поясничные позвонки | 0,10 | 0,43 | 0,42 | 8,10 | | 0,81 |
| Таз и бедро | 0,30 | 0,42 | | 6,45 | 14,72 | 1,71 |
| Ребра и грудина | 0,10 | 0,31 | | 9,19 | | 0,32 |
| Органы пищеварения | | 0,57 | 3,19 | 8,62 | 12,61 | 5,06 |
| Верхняя часть ЖКТ | | 0,33 | 3,40 | 14,64 | 5,52 | 1,10 |
| Нижняя часть ЖКТ | | 0,69 | 6,37 | 12,97 | 4,60 | 1,73 |
| Череп | 0,11 | 0,06 | | 2,13 | 8,32 | 0,58 |
| Челюстно-лицевая область | | 0,01 | | 0,13 | 0,00 | 0,01 |
| Почки, мочевыводящая система | | 0,44 | 1,75 | 6,68 | 1,94 | 1,20 |
| Молочная железа | | 0,08 | | | | 0,08 |
| Прочие | | 0,37 | 1,49 | 21,70 | 0,46 | 5,93 |
| Средняя доза | 0,05 | 0,11 | 4,51 | 5,32 | 2,87 | 0,52 |

Табл.10. Структура медицинского облучения пациентов в 2021 г.

| Виды процедур | Вклад в общее количество, % | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | По количеству процедур | По коллективной дозе |
| Флюорография | 29,95 | 2,48 |
| Рентгенография | 60,83 | 12,30 |
| Рентгеноскопия | 0,83 | 6,32 |
| Компьютерная томография | 7,46 | 68,70 |
| Радионуклидные исследования | 0,50 | 3,23 |
| Прочие | 0,42 | 6,94 |

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 [1]. Причина заключается в существенном росте томографических исследований в период пандемии коронавируса.

Заключение

Сравнение данных по радиационной обстановке и дозовым нагрузкам в РФ, полученным в 2021 г., с аналогичными данными для других лет [1-3] 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 2021 г. по сравнению с 2017 г. [3]. Так, в 2017 г. в диапазон до 1 мЗв попало 78,6% персонала, а в 2021 г. только 66%. Соответственно, в других диапазонах в 2021 г. наблюдается рост по сравнению с 2017 г., например, в диапазоне от 1 до 2 мЗв – 18,5% по сравнению с 10,4%.

В 2021 г. при общем уменьшении количества рентгенорадиологических исследований коллективная эффективная доза, по сравнению с предыдущими годами, значительно увеличилась [1,4], причем по сравнению с 2018 г. более чем в два раза – с 1512,88 чел.-Зв до 3121,82 чел.-Зв, с вкладом компьютерной томографии – 2340,72 чел.-Зв по сравнению с 813,27 чел.-Зв в 2018 г. [5].

Литература

1. 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. Т. 5, N 5. С. 456-464.
2. V.V. Kosterev, A.G. Tsov'yanov, A.G. Sivenkov, Yu.N. Bragin, «Natural and Industrial Background Irradiation Doses for the General Public», *Atomic Energy*, vol. 119, no. 6, pp. 419-423, 2016.
3. V.V. Kosterev, A.G. Tsov'yanov, A.G. Sivenkov, V.E. Zhuravleva, «Occupation Irradiation Dose in 2017», *Atomic Energy*, vol. 127, no. 6, pp. 382-387, 2020.
4. V.V. Kosterev, A.G. Tsov'yanov, A.G. Sivenkov, Yu.N. Bragin, «Patient Radiation Dose During Radiological Examinations», *Atomic Energy*, vol. 120, no. 1, pp. 68-71, 2016.
5. V.V. Kosterev, A.G. Tsov'yanov, A.G. Sivenkov, V.E. Zhuravleva, «The Radiation Dose of Patients in X-Ray Radiological Studies in 2018», *Atomic Energy*, vol. 129, no. 6, pp. 362-366, 2021.

Radiation Situation and Radiation Doses in the Russian Federation in 2021

Tsovyanov Aleksandr¹, Kosterev Vladimir², Sivenkov Alexander¹, Zhuravleva Valentina¹

¹ State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

² National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

Abstract. The article contains information about the radiation situation and radiation doses of the population, as well as occupational exposure in 2021 in the territories serviced by the FMBA of Russia. The distribution of the number of personnel working with sources of ionizing radiation or exposed to ionizing radiation by dose intervals for taking into account individual doses of radiation at facilities of different departmental affiliation, as well as the values of the collective dose are given. Information is provided on the structure, number of radiological procedures by types and groups of organs, collective and average radiation dose of patients received in 2021 in the territories serviced by the FMBA of Russia. There is a significant increase in the contribution of computed tomography to the collective dose compared to previous years.

Key words: radiation situation, natural radiation background, radiation dose, collective dose, exposure of the population, occupational exposure, x-ray radiological procedures, medical exposure.

А.Г. Цовьянов¹ (к.б.н., зав.лаб.) В.В. Костерев² (доц., к.ф.-м.н., с.н.с.),

А.Г. Сивенков¹ (инж.), В.Е. Журавлева¹ (н.с.)

¹ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Контакты: тел. +7 (916) 656-87-76, e-mail: atsovyan@mail.ru

