

УДК 613.648(470.57)

**РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В
РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

Кудашева А.Р.¹, Бакиров А.Б.¹, Казак А.А.², Ямалиев А.Р.², Хохлов В.А.³, Скотарева М.А.³,
Самойлова Э.Р.²

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

² Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

³ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», Уфа, Россия

Использование в медицине новейших высокоинформативных методов диагностики и лечения с применением ядерных технологий определяет особые критерии допустимости их безопасного применения. Отличительными особенностями медицинского облучения является использование с диагностической и лечебной целью многократно превышающих доз в сравнении с природным фоновым облучением.

Целью настоящего анализа явилась оценка радиационной нагрузки на население, формируемая за счет медицинского облучения на территории Республики Башкортостан в период пандемии.

Материалы исследования: архивные данные результатов радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018-2021 гг.

Результаты. Доля медицинских организаций, использующих в работе источники ионизирующих излучений, в РФ за 2018-2021 гг. достигала 78%. Количество проведенных медицинских процедур с применением различных источников ионизирующего излучения имело тенденцию к росту. В структуре проведенных процедур лидирует рентгенография 64,4%-61,8% и отмечается рост использования компьютерной томографии 4,1%-9,7%, которая вносит в коллективную дозу медицинского облучения от 0,31 мЗв/год (2018 г.) до 0,76 мЗв/год (2021 г.). Средняя доза медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составляла от 0,29 мЗв (2018 г.) до 0,5 мЗв (2021 г.) и больше зависела от радионуклидных 4,36-8,47 мЗв и компьютерных видов исследования 3,81-4,02 мЗв.

В Республике Башкортостан структура медицинских рентгенорадиологических процедур не отличается от всероссийских и ранговое место принадлежит рентгенографии - 63%-56,2%, а компьютерная томография занимает 7%-16,5%. Однако именно компьютерная томография вносит в коллективную дозу облучения населения республики от 54,3% чел-Зв/год (2018 г.) до 82,2% чел-Зв/год (2021 г.).

Ключевые слова: радиоактивная нагрузка, медицинское облучение, средняя эффективная доза, население Республики Башкортостан.

Для корреспонденции: Кудашева Альфия Равилевна, к.м.н., доцент кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ МЗ РФ. e-mail: alfa_9@inbox.ru

Для цитирования: Кудашева А.Р., Бакиров А.Б., Казак А.А., Ямалиев А.Р., Хохлов В.А., Скотарева М.А., Самойлова Э.Р. Радиационная нагрузка на население от

медицинского облучения в Республике Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2023;4:108-118.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10408>

RADIATION LOAD ON THE POPULATION EXPOSED TO MEDICAL IRRADIATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN DURING THE PANDEMIC

Kudasheva A.R.¹, Bakirov A.B.¹, Kazak A.A.², Yamaliev A.R.², Khokhlov V.A.³, Skotareva M.A.³, Samoilova E.R.².

¹Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

²Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
in the Republic of Bashkortostan

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Bashkortostan

The use of the latest highly informative methods of diagnostics and treatment using nuclear technologies in medicine determines special criteria for the admissibility of their safe use. Distinctive features of medical irradiation is the use for diagnostic and therapeutic purposes of many times higher doses in comparison with natural background irradiation.

The purpose of this analysis was to assess the radiation load on the population, formed due to medical exposure in the territory of the Republic of Bashkortostan.

Research materials: archival data on the results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2018-2021.

Results. The share of medical organizations using sources of ionizing radiation in the Russian Federation between 2018 and 2021 reached 78%. The number of medical procedures performed using various sources of ionizing radiation tended to increase. In the structure of the procedures performed, radiography is leading 64.4%-61.8% and there is an increase in the use of computed tomography 4.1%-9.7%, which contributes to the collective dose of medical exposure from 0.31 mSv / year (2018) to 0.76 mSv/year (2021). The average dose of medical exposure of patients per one procedure ranged from 0.29 mSv (2018) to 0.5 mSv (2021) in total, and more depended on radionuclide 4.36 mSv-8.47 mSv and computer types of investigation 3, 81mSv - 4.02mSv.

In the Republic of Bashkortostan, the structure of medical X-ray and radiological procedures does not differ from the all-Russian ones, and the ranking place belongs to radiography - 63% -56.2%, and computed tomography - 7% -16.5%. However, it is computed tomography that contributes to the collective radiation dose of the population of the Republic from 54.3% man-Sv/year (2018) to - 82.2% man-Sv/year (2021).

Keywords: radioactive load, medical exposure, average effective dose, population Republic of Bashkortostan.

For correspondence: Alfiya R. Kudasheva, Cand.Sc. (Medicine), associate professor at the Department of Therapy and Occupational Diseases with the course of International Postgraduate

Education at the Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry. e-mail: alfa_9@inbox.ru

For citation: Kudasheva A.R., Bakirov A.B., Kazak A.A., Yamaliev A.R., Khokhlov V.A., Skotareva M.A., Samoilova E.R. Radiation load on the population exposed to medical irradiation in the Republic of Bashkortostan. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023;4:108-118.

Funding: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10408>

Введение. Радиационные нагрузки населения на отдельных территориях Российской Федерации (РФ) формируются за счет природных и техногенных источников. По данным Федеральной службы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, географические расположения техногенных источников радиоактивного загрязнения в отдельных областях РФ характеризуются неоднородностью, что связано с неравномерным территориальным распределением радиационно опасных объектов и их приближенностью к населенным пунктам. Любое повышение фонового облучения на конкретной территории рассматривается в качестве радиоактивной нагрузки [1-5].

Радиационная нагрузка складывается за счет внешнего и внутреннего облучения преимущественно радионуклидами, излучающими α -, β -частицы и γ -фоновое облучение. Внешнее облучение, как правило, формируется за счет загрязнений кожных покровов и одежды персонала и населения, внутреннее - инкорпорирования радиоактивных веществ с воздухом, продуктами питания и водой [6-7]. Средняя допустимая доза облучения населения должна составлять не более 1 мЗв/год⁵.

В настоящее время основными антропогенными источниками радиоактивного загрязнения являются предприятия ядерной энергетики на всех этапах ядерного топливного цикла и медицинские организации, использующие в своей деятельности источники ионизирующего излучения (ИИИ). При этом существенную радиационную нагрузку на население регионов оказывают лечебно-диагностические медицинские процедуры. Формирующееся при этом радиационное отягощение может отражаться на здоровье человеческой популяции. Отличительными особенностями медицинского облучения являются: использование высокой мощности дозы, в несколько раз превосходящей природное фоновое облучение, кратности применения с лечебной целью на одни и те же радиочувствительные органы, воздействие преимущественно на ослабленный организм: дети, беременные, лица с иммунодефицитом, онкобольные и т.д. [8-13].

Целью настоящего анализа явилась оценка радиационной нагрузки на персонал и население, формируемая за счет медицинского облучения на территории Республики Башкортостан.

Материалами исследования послужили статистические данные результатов радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах РФ за 2018-2021 годы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

⁵ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

Результаты и их обсуждение. По данным радиационно-гигиенической паспортизации субъектов РФ за 2018-2021 гг., куда вошли дополнительно данные о дозах медицинского облучения населения, обслуживаемых Федеральным медико-биологическим агентством, Министерством обороны, Министерством внутренних дел, Управлением делами президента, Федеральной службой безопасности, Федеральной службой исполнения наказаний России и Росгвардии, насчитывалось от 19347 (2018 г.) до 20359 (2021 г.) организаций, которые использовали в своей работе различные виды источников ионизирующего излучения, доля медицинских организаций занимала 78% [15-20].

Во всех объектах РФ за 2018-2021 годы проведено 288,1-306,6-275,4-286,1 млн диагностических рентгенорадиологических манипуляций, что в пересчете на 1 жителя соответствовало 1,99-2,09-1,83-1,96 процедуры. При этом годовая коллективная доза медицинского облучения населения РФ составила 84,16-90,2-119,9-143,5 тыс.чел.-Зв/год. В анализируемый период в структуре проведенных процедур количество некоторых оставалось стабильным, так рентгенографий (РГ) было 64,4%-61,8%, радионуклидных исследований (РН) - 0,2%-0,3%. Однако отмечался рост использования компьютерной томографии (КТ) - 4,1%-9,7% и прочих процедур - 0,07%-0,1%. В то же время стали менее востребованными рентгеноскопические диагностические исследования (РС) - 0,57-0,4% [15-20].

В РФ за исследуемые годы коллективная доза облучения населения 84157-143532 чел-Зв/год формировалась преимущественно за счет компьютерной диагностики - 53,7-77,1% чел-Зв/год и рентгенографии - 21,2-10,8%чел-Зв/год. Доля других радиологических исследований незначительна: ФГ от 6,9 до 3,9% чел-Зв/год, РС - 5,4-2,4%чел-Зв/год, РН - 3,02-4,2%чел-Зв/год, прочие - 0,6-0,3% чел-Зв/год [14-17]. Общий вклад в дозы медицинского облучения населения различными видами рентгенорадиологических процедур РФ представлен на рис. 1 и 2.

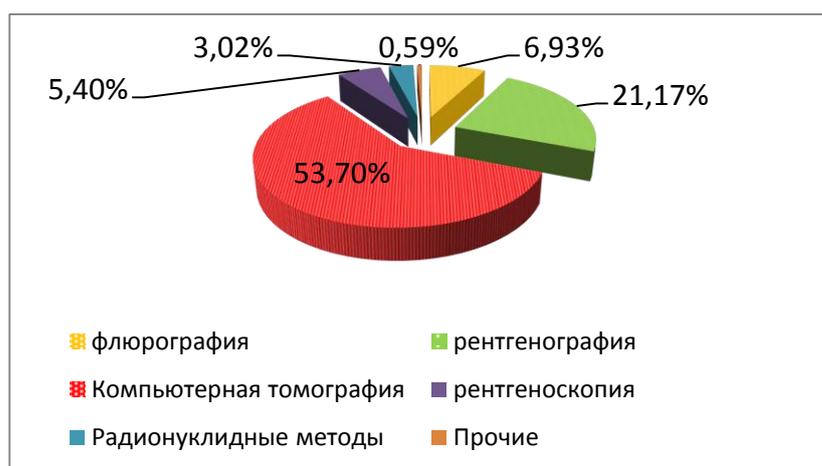


Рис. 1. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Российской Федерации в 2018 г. (%)

Fig. 1. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Russian Federation in 2018 (%)



Рис. 2. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Российской Федерации в 2021 г. (%)

Fig. 2. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Russian Federation in 2021 (%)

При этом средняя годовая доза медицинского облучения населения в расчете на 1-го жителя в РФ соответствовала от 0,57 мЗв/год (2018 г.) до 0,99 мЗв/год (2021 г.), преимущественно вносимая за счет КТ 0,31 мЗв/год (2018 г.) и 0,76 мЗв/год (2021 г.), не выходила за пределы установленных норм радиационной безопасности⁶.

Средняя доза медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составляла 0,29 мЗв (2018 г.) - 0,5 мЗв (2021 г.) и больше зависела от радионуклидных (4,36-8,47 мЗв) и компьютерных видов исследования (3,81-4,02 мЗв). Остальные методы существенную роль в ее формировании не сыграли: ФГ - 0,07-0,05 мЗв, РГ - 0,10-0,07 мЗв, РС - 2,77-2,63 мЗв, прочие - 2,39-5,7 мЗв.

При анализе годовой эффективной дозы медицинского облучения в среднем на 1-го жителя России приходилось от 0,57 мЗв/год (2018 г.) до 0,99 мЗв/год (2021 г.), где средние дозы на процедуру практически не изменялись, за исключением радионуклидной диагностики. Отмечался рост в 1,7 раза годовой эффективной коллективной дозы от 83773 чел.-Зв (2018 г.) до 143532 чел.-Зв (2021 г.) и средней индивидуальной дозы облучения населения от 0,57 мкЗв (2018 г.) до 0,99 мкЗв (2021 г.). Данные показатели не выходили за пределы установленных норм радиационной безопасности⁶.

По результатам нашего анализа, годовая эффективная доза облучения населения России, полученная от всех видов медицинских лучевых источников, возросла в 1,6 раза - от 14,5% (2018 г.) до 22,63% (2021 г.) [16-23].

⁶ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

В Республике Башкортостан (РБ) в целом за 2018-2021 гг. также отмечался рост медицинских диагностических рентгенорадиологических процедур с 5377 до 6356 тыс., преимущественно за счет рентгенографии - 63-56,2%, флюорографии - 28,3-25,7% и компьютерной диагностики - 7-16,5%. Остальные методы были менее востребованными: РС - 0,64-0,18%, РН - 0,57-0,7%, прочие виды - 0,37-0,25% [15-23].

Коллективные дозы облучения за счет лучевых и иных способов диагностики и лечения, полученные населением республики, составляли всего за изученный период - 2650 чел-Зв/год (2018 г.) - 3114 чел-Зв/год (2019 г.) - 4904 чел-Зв/год (2020 г.) - 5377 чел-Зв/год (2021 г.). Максимальный вклад в ее формирование внесла КТ - от 54,3% чел-Зв/год (2018г.) до 82,2% чел-Зв/год (2021г.), как высокоинформативный метод визуализации. При этом доли рентгенографических и флюорографических методов несколько снизились соответственно с 16,35% до 5,78% чел-Зв/год и с 7,7% до 4,2% чел-Зв/год, остальные методы: РС - 7,8-0,7% чел-Зв/год, РН - 5,5-5,6% чел-Зв/год, прочие - 8,1-0,3% чел-Зв/год (рис. 3, рис. 4).

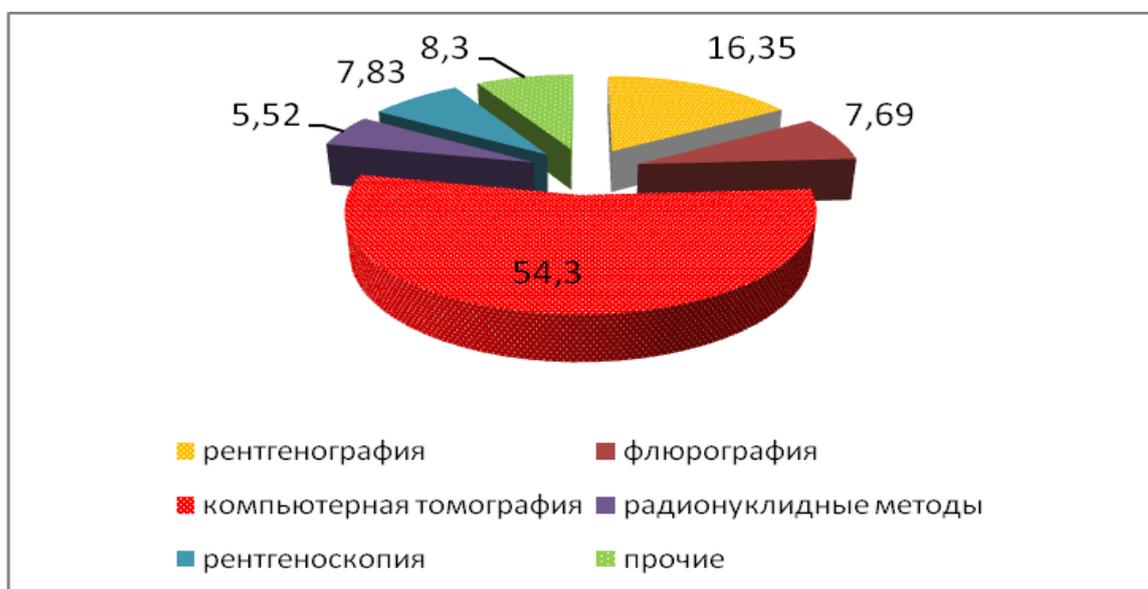


Рис. 3. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Республике Башкортостан в 2018 г. (%)

Fig. 3. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Republic of Bashkortostan in 2018 (%)

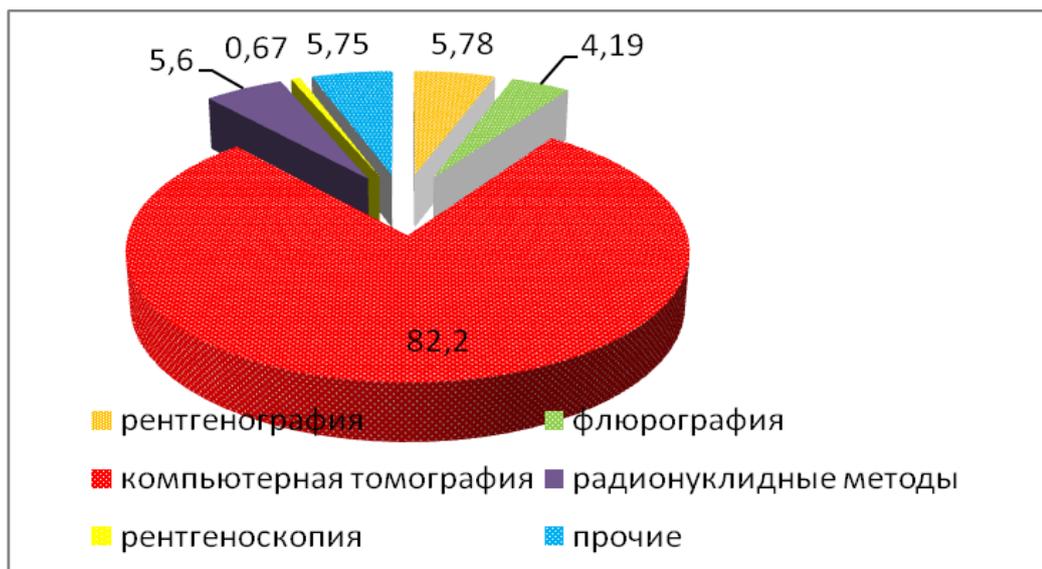


Рис. 4. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Республике Башкортостан в 2021 г. (%)

Fig. 4. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Republic of Bashkortostan in 2021 (%)

В нашей республике средняя годовая доза - 0,65 мЗв/год (2018 г.) - 1,34 мЗв/год (2021 г.) - населения от медицинского облучения в расчете на 1-го жителя формировалась преимущественно за счет компьютерной томографии от 0,35 мЗв/год (2018 г.) до 1,10 мЗв/год (2021 г.). Вклад других методов был существенно ниже: ФГ - от 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,06 мЗв/год (2021 г.), РГ - от 0,11 мЗв/год (2018 г.) до 0,08 мЗв/год (2021 г.), РС - от 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,01 мЗв/год (2021 г.), прочие - 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,02 мЗв/год (2021 г.).

За изученный период средние дозы медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составили 0,49 (2018 г.) - 0,85 мЗв (2021 г.). На показатели средней дозы преимущественно оказывали влияние высокодозные нагрузки от компьютерной томографии - от 3,82 мЗв (2018 г.) до 4,22 мЗв (2021 г.), рентгеноскопии - от 6,03 (2018 г.) до 3,20 мЗв (2021 г.) и радионуклидных методов - от 4,78 мЗв (2018 г.) до 6,83 мЗв (2021 г.). Роль других методов с использованием источников ионизирующего излучения была менее значима: ФГ - от 0,13 мЗв (2018 г.) до 0,14 мЗв (2021 г.), РГ - 0,13 мЗв до 0,09 мЗв [15-20].

В целом, как показал анализ, годовые эффективные коллективные дозы в РБ возросли в 2 раза от 2641 чел.-Зв (2018 г.) до 5377 чел.-Зв (2021 г.), что отражалось также на показателях средних индивидуальных доз (СИД) - от 0,65 мкЗв (2018 г.) до 1,34 мкЗв (2021 г.).

По результатам нашего анализа, годовая эффективная доза облучения населения в РБ, полученная от всех видов медицинских лучевых источников, возросла в 1,7 раза - от 14,8% (2018 г.) до 25,1% (2021 г.). Данные показатели не выходили за пределы установленных норм радиационной безопасности⁷.

⁷ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

Заключение. Проведенный анализ позволил констатировать, что радиационная нагрузка на население в Республике Башкортостан в период пандемии формировалась преимущественно за счет компьютерной томографии, как более совершенного и востребованного метода медицинской диагностики. Замещение за последние годы низкодозовых функциональных радионуклидных исследований более информативными сцинтиграфическими и томографическими исследованиями могло отразиться на средней индивидуальной дозе населения, однако современная цифровизация техники снизила эти риски. Дозовая нагрузка на население, подвергающееся лечебно-диагностическим процедурам, не выходила за установленные нормы как в Российской Федерации, так и в Республике Башкортостан, несмотря на существенный вклад, вносимый медицинским облучением в общую коллективную дозу облучения населения.

Список литературы:

1. Бекман И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2018:409. <https://urait.ru/bcode/414800> (дата обращения: 19.05.2022).
2. Кукин П. П., Колесников Е. Ю., Колесникова Т. М. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум; 2018:453.
3. Сапожников Ю. А., Алиев Р. А., Калмыков С. Н. Радиоактивность окружающей среды: теория и практика -М.: Лаборатория знаний; 2015:289.
4. Смирнов С. Н., Герасимов Д. Н. Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений: учебник для студентов вузов. М.: Издательский дом МЭИ; 2016. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010037.html> (дата обращения: 19.05.2022).
5. Будилова Е.В., Замолотчиков Д.Г., Зотов В.А., Лихачева Е.Ю., Мамихин С.В., Д.В. Манахов, В.М. Бадави, С.А. Остроумов, И.О. Плеханова, Попов С.Ю., Рисник Д.В., Терехин А.Т., Тропин И.В., Честных О.В.; под ред. Рисника Д.В. Природные и антропогенные экосистемы: проблемы и решения: монография. М.: БИБЛИО–ГЛОБУС; 2017:268.
6. Кондричина С. Н., Дукальтетенко Е.В. Ионизирующие излучения и медицина: учеб. пособие для студентов мед. фак. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ; 2014:45.
7. Иванов С.И., Котов Н.Н., Аكوпова Н.А., Рыжкин С.А., Рыбашлыков В.И., Костенко С.А. Биологические эффекты малых доз облучения: учебное пособие. М.: ГБОУ ДПО РМАПО; 2014:72.
8. Китаев, В.М. Компьютерная томография в пульмонологии. М.:МЕДпресс-информ; 2017:144.
9. Вэбб, У. Компьютерная томография: грудь, живот и таз, опорно-двигательный аппарат - М.: Гэотар-Медиа; 2018:464.
10. Алешкевич А.И. Лучевая диагностика и лучевая терапия - М.: Новое знание; 2017:382.
11. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности. Учебное пособие – Н. Новгород: ННГАСУ; 2017: 143.

12. Международное агентство по атомной энергии. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности, № GSR Part 3. Вена: МАГАТЭ. 2015: 482.
13. Легеза В.И., Ушаков И.Б., Гребенюк А.Н., Антушевич А.Е. Радиобиология, радиационная физиология и медицина: словарь-справочник. СПб: Фолиант; 2017:176.
14. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А. и др. Современные уровни медицинского облучения в России. Радиационная гигиена. 2015;8(3): 67 - 79.
15. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2019; 130.
16. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2021 г. (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации).- М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2022; 132 с.
17. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2018 году. - СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева. 2019; 72 с.
18. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2019 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева. 2020; 70 с.
19. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2020 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева, 2021; 83 с.
20. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2021 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева, 2022; 83 с.
21. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. No GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2014. 458 p.
22. 4. Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. New York: United Nations, 2011.
23. ICRP, 2014. Protection of the environment under different exposure situations. ICRP Publication 124 //Ann.ICRP. 2014. V. 43, N 1. P. 1-59.

References:

1. Bekman I. N. Radioecology and ecological radiochemistry: textbook for bachelor's and master's degree. Moscow: Yurayt Publishing House, 2018:409. <https://urait.ru/bcode/414800> (date of reference: 19.05.2022).
2. Kukin, P. P., Kolesnikov E. Yu., Kolesnikova T. M. Environmental impact assessment. Safety expertise: textbook and workshop; 2018:453.3.
3. Sapozhnikov Yu. A., Aliyev R. A., Kalmykov S. N. Environmental radioactivity: Theory and practice - М.: Laboratory of Knowledge; 2015:289.

4. Smirnov, S. N., Gerasimov D. N. Radiation ecology. Physics of ionizing radiation: textbook for university students. Moscow: Publishing House of MEI; 2016. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010037.html> (accessed: 05/19/2022).
5. Budilova E.V., Zamolodchikov D.G., Zotov V.A., Likhacheva E.Yu., Mamikhin S.V., D.V. Manakhov, V.M. Badavi, S.A. Ostroumov, I.O. Plekhanova, Popov S.Yu., Risnik D.V., Terekhin A.T., Tropin I.V., Honest O.V.; ed. Risnik D.V. Natural and anthropogenic ecosystems: problems and solutions: monograph. Moscow: BIBLIO–GLOBUS; 2017:268.
6. Kondrichina S. N., Dukaltetenko E.V. Ionizing radiation and medicine: studies. manual for students of medical faculty. Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU; 2014:45.
7. Ivanov S.I., Kotov N.N., Akopova N.A., Ryzhkin S.A., Rybashlykov V.I., Kostenko S.A. Biological effects of low doses of radiation: textbook. M.: GBOU DPO RMAPO; 2014:72.8
8. Kitaev, V.M. Computed tomography in pulmonology. M.:MEDpress-inform; 2017:144.
9. Webb, U. Computed tomography: chest, abdomen and pelvis, musculoskeletal system - M.: Geotar-Media; 2018:464.
10. Aleshkevich A.I. Radiation diagnostics and radiation therapy - M.: New knowledge; 2017:382.
11. Lastovkin V. F. Fundamentals of radiation safety. Textbook – N. Novgorod: NNGASU; 2017: 143.
12. International Atomic Energy Agency, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, no. GSR Part 3. Vienna: IAEA. 2015: 482.
13. Legeza, V.I., Ushakov I.B., Grebenyuk A.N., Antushevich A.E. Radiobiology, radiation physiology and medicine: dictionary-reference. St. Petersburg: Folio; 2017:176.
14. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Zvonova I.A., etc. Current levels of medical radiation in Russia. Radiation hygiene. 2015; 8 (3): 67 - 79.
15. The results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation passport of the Russian Federation for 2018: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. M .: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2019; 130.
16. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2021 (Radiation-hygienic passport of the Russian Federation). - M .: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2022; 132 p.
17. Exposure doses to the population of the Russian Federation in 2018. - St. Petersburg: NIIRG named after prof. Ramzaev. 2019; 72 p.
18. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2019. - St. Petersburg: NIIRG named after prof. Ramzaev. 2020; 70 s.
19. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2020. - St. Petersburg: the Ramzaev RIRH, 2021; 83 p.
20. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2021. - St. Petersburg: the Ramzaev RIRH, 2022; 83 p.
21. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. No GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2014. 458 p.

22. 4. Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. New York: United Nations, 2011.
23. ICRP, 2014. Protection of the environment under different exposure situations. ICRP Publication 124 //Ann.ICRP. 2014. V. 43, N 1. P. 1-59.

Поступила/Received: 08.08.2023

Принята в печать/Accepted: 03.10.2023