

М.В. Осипов¹, П.С. Дружинина², М.Э. Сокольников¹

ИЗУЧЕНИЕ ОТДАЛЁННЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

¹ Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России, Озёрск² Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева Роспотребнадзора, Санкт-Петербург

Контактное лицо: Михаил Викторович Осипов, e-mail: osipov@subi.su

РЕФЕРАТ

Цель: Создание информационного ресурса, обеспечивающего фактологическую базу для проведения эпидемиологических исследований по отдалённым последствиям воздействия малых доз диагностического облучения при компьютерной томографии на население и персонал предприятия ядерно-промышленного комплекса.

Материал и методы: Источником информации для проведения исследования являются архивные журналы регистрации пациентов, прошедших рентгеновскую компьютерную томографию в медицинских учреждениях Челябинской области. Эпидемиологическое наблюдение за жителями, включёнными в базу данных, осуществляется ретроспективно когортным методом. Проведён сбор информации о факторах риска радиационной и нерадиационной природы, а также заболеваемости злокачественными новообразованиями. Собранные информация объединена в базу данных «Регистр КТ».

Результаты: На 31 декабря 2024 г. база данных содержит информацию о 34 264 КТ-исследованиях 20 488 мужчин и женщин в возрасте от 0 до 90 лет. Период наблюдения за когортой – с 1 января 1989 г. по 31 декабря 2022 г. Среднее значение эффективной дозы (ЭД) за 1 КТ-исследование – $4,70 \pm 0,04$ мЗв. На дату окончания наблюдения 20 % лиц изучаемой когорты живы, 38 % умерли от различных причин. Количество впервые выявленных случаев злокачественных новообразований составило 4 174 (20,4 %). Доля подвергавшихся воздействию профессионального облучения составила 25 %.

Обсуждение: Существующие зарубежные аналоги созданной базы данных «Регистр КТ» свидетельствуют о незначительных рисках на индивидуальном уровне для облученных в детском возрасте. Преимуществами «Регистра КТ» являются наличие всех возрастов обследованных, возможность пожизненного наблюдения, учёт нескольких факторов риска и возможность реконструкции индивидуальных поглощённых доз.

Заключение: Впервые в России создан медико-дозиметрический регистр лиц, проживающих вблизи радиационно-опасного предприятия и подвергавшихся воздействию рентгеновского излучения при проведении компьютерной томографии с момента появления доступности данного метода диагностики в регионе. «Регистр КТ» обеспечивает возможность проведения эпидемиологического исследования по оценке отдалённых последствий воздействия малых доз диагностического облучения, что является важной задачей для обеспечения радиационной безопасности населения.

Ключевые слова: КТ, компьютерная томография, когорта, облучение, риск, регистр

Для цитирования: Осипов М.В., Дружинина П.С., Сокольников М.Э. Изучение отдалённых последствий воздействия диагностического излучения: возможности и перспективы // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2025. Т. 70. № 5. С. 58–62. DOI:10.33266/1024-6177-2025-70-5-58-62

DOI:10.33266/1024-6177-2025-70-5-58-62

M.V. Osipov¹, P.S. Druzhinina², M.E. Sokolnikov¹

Evaluating the Long-Term Health Effects of Diagnostic Radiation Exposure: Opportunities and Future Directions

¹ Southern Urals Biophysics Institute, Ozyorsk, Russia² P.V. Ramzaev Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene, Saint Petersburg, Russia

Contact person: M.V. Osipov, e-mail: osipov@subi.su

ABSTRACT

Purpose: To create a factual basis for conducting epidemiological studies on the long-term effects of low-dose diagnostic radiation exposure due to computed tomography examinations among the population living near the nuclear industrial complex enterprise.

Material and methods: The primary source of information for the study was the archival registration logs of patients who underwent computed tomography at medical clinics of the Chelyabinsk region. Epidemiological surveillance of residents of Ozyorsk was carried out retrospectively using the cohort methodology. Information on main risk factors of radiation and non-radiation nature was collected for the study, and the cancer incidence was used as the outcome criteria. The information collected was stored in the “CT Register” database.

Results: As of December 31, 2024, the database contains information on 34,264 records of 20,488 men and women aged 0 to 90 years. The follow-up period started on January 1, 1989 and ended on December 31, 2022. At the end of follow-up, 20 % of the individuals in the study cohort are alive, 38 % have died from various causes. The average effective dose for 1 CT study is 4.70 ± 0.04 mSv. The number of malignant neoplasms in the cohort was 4,174 (20.4 %). The proportion of residents exposed to occupational radiation was 25 %.

Discussion: Foreign analogues of the study indicate small risks at the individual level for those exposed during the CT examinations in childhood. The advantages of the «CT Register» database are: all ages of exposed, lifetime follow-up, accounting for several risk factors, and the possibility of reconstructing individual absorbed doses.

Conclusions: For the first time in Russia, a medical and dosimetric registry of individuals living near the nuclear facility, and exposed to X-ray radiation during computed tomography has been created. The «CT Register» database provides the opportunity to conduct an epidemiological study to assess the long-term effects of exposure to low doses of diagnostic radiation, which is an important task for ensuring the radiation safety of the population.

Keywords: CT, computed tomography, cohort, exposure, risk, register

For citation: Osipov MV, Druzhinina PS, Sokolnikov ME. Evaluating the Long-Term Health Effects of Diagnostic Radiation Exposure: Opportunities and Future Directions. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2025;70(5):58–62. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2025-70-5-58-62

Введение

Компьютерная томография (КТ) является высокоинформативным диагностическим инструментом, широко применяемым в клинической практике. Проведение КТ-исследований пациентам сопряжено с воздействием малых доз рентгеновского излучения [1]. Накопленные знания о радиационном риске, полученные в исследованиях когорты переживших атомную бомбардировку городов Хиросима и Нагасаки, ликвидаторов Чернобыльской аварии, когорт пострадавших в результате радиационных аварий, а также работников ядерно-промышленного комплекса, свидетельствуют о наличии отдалённых эффектов, потенциально связанных с воздействием высоких и средних доз облучения [2–4]. Вопрос оценки радиационных рисков при воздействии малых доз диагностического облучения до настоящего момента является предметом научных дискуссий [5]. Задача изучения отдалённых последствий воздействия малых доз облучения при проведении диагностических исследований актуальна в целях обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации.

Для реализации поставленной задачи в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 гг. и на период до 2035 года» в ФГБУН «Южно-Уральский институт биофизики» ФМБА России проводится научно-исследовательская работа (НИР) по оценке отдалённых последствий воздействия ионизирующего излучения на население и персонал первого отечественного предприятия ядерно-промышленного комплекса – производственного объединения «Маяк» (ПО «Маяк»). В рамках выполнения НИР создана база данных медико-дозиметрического регистра «Регистр КТ» [6].

База данных предназначена для хранения и обработки информации о населении города атомной промышленности Озёрска, подвергнувшегося дополнительному облучению за счёт проведения КТ-исследований за весь период существования данного метода лучевой диагностики в регионе. Информация в базе данных включает сведения о направившем учреждении, виде КТ-исследования и области тела, подвергшейся воздействию излучения, типе применявшихся сканеров, параметрах сканирования и количестве выполненных КТ, использовании контрастного усиления и эффективной дозе облучения пациента. База данных «Регистр КТ» также включает сведения о возрасте пациента на дату исследования, диагнозе при направлении и заключении врача-рентгенолога, а также о жизненном статусе пациентов, причинах смерти, заболеваниях злокачественными новообразованиями (ЗНО) и наличии контакта с производственным облучением.

Собранные сведения представляют уникальный источник данных для анализа отдалённых последствий воздействия малых доз диагностического излучения на человека.

Материал и методы

Источником информации для базы данных медико-дозиметрического регистра являются архивные журналы регистрации пациентов, прошедших компьютерно-томографические исследования. В базу данных внесена информация о жителях города Озёрска, проходивших КТ-исследования в медицинских учреждениях Челябинской области, включая Клиническую больницу № 71 города Озёрска, за период с 1989 по 2019 г. Для достижения максимальной полноты сбора данных был дополнительно осуществлён поиск информации в архивах государственных и частных медицинских учреждений, находящихся за пределами Озёрского городского округа. К данным учреждениям относятся:

- ГБУЗ «Городская больница им. А.П. Силаева», г. Кыштым;
- ГБУЗ «Районная больница г. Касли»;
- ЧУЗ «Клиническая больница ОАО «РЖД-Медицина», г. Челябинск;
- ГАУЗ «Областная клиническая больница № 3», г. Челябинск;
- ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница», г. Челябинск;
- ГАУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины», г. Челябинск.

Эпидемиологическое наблюдение за жителями г. Озёрска, включёнными в базу данных, осуществляется ретроспективно когортным методом. Датой входа пациента под наблюдение является дата проведения первого в его жизни КТ-исследования. Наблюдение за членами когорты продолжается до даты последнего обновления информации о жизненном статусе (на данный момент это 31 декабря 2022 года), либо даты смерти пациента [7], либо даты выезда за пределы Озёрского городского округа на постоянное место жительства в случае, когда информация о его жизненном статусе по новому месту жительства была недоступна [8].

В базе данных была собрана дополнительная информация о факторах риска нерадикационной природы (пол и возраст обследованных), а также заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО). Данные о диагнозах ЗНО, установленных пациентам изучаемой когорты в течение жизни, дате установления диагноза стадии заболевания были получены с использованием информации из канцер-регистра жителей Озёрска [9]. Учитывались случаи как первых, так и последующих ЗНО, установленных пациенту в течение его жизни.

Для оценки влияния специфических факторов риска, таких как профессиональное облучение работников производственного объединения «Маяк» (ПО «Маяк»), из регистра персонала [10] была получена информация о факте найма пациента на основные и вспомогательные производства ПО «Маяк», а также о виде действовавшего источника излучения.

Результаты

Общая характеристика информации в базе данных представлена в табл. 1

Таблица 1

Общая характеристика регистра населения г. Озёрска, обследованного методом компьютерной томографии за период с 1989 по 2019 гг.

General characteristics of the population register of the city of Ozersk, examined by computed tomography in the period from 1989 to 2019

Параметр	Характеристика	Количество (доля, %)
Пол	Мужчины	10 047 (49,0)
	Женщины	10 441 (51,0)
Возраст на дату входа под наблюдение	0–17 лет	1 710 (8,3)
	18–44 года	4 375 (21,4)
	45–64 года	7 454 (36,4)
	65+ лет	6 949 (33,9)
Область исследования	Голова	19 875 (58,0)*
	Шея	910 (2,7)*
	Грудная клетка	4 413 (2,9)*
	Брюшная полость и малый таз	5 292 (15,4)*
	Прочее (включая смежные области)	3 774 (11,0)*
Суммарное количество КТ-исследований, проведённых пациенту	1	13 486 (65,8)
	2–4	6 176 (30,1)
	5–9	727 (3,5)
	10>	99 (0,5)
Количество фаз исследования	1-фазные КТ	26 797 (78,2)*
	Многофазные КТ	7 467 (21,8)*
Жизненный статус на 31.12.2022 г.	Живы	4 035 (19,7)
	Умерли	7 808 (38,1)
	Неизвестно	8 645 (42,2)
Профессиональное облучение	Персонал	5 199 (25,4)
	Население	15 289 (74,6)
Злокачественное новообразование	Диагноз установлен	4 174 (20,4)
	Диагноз не установлен	16 224 (79,2)

Примечание: * от общего количества исследований ($n=34\ 264$)

На 31 декабря 2024 г. база данных «Регистр КТ» содержит информацию о 34 264 КТ-исследованиях 20 488 мужчин и женщин в возрасте от 0 до 99 лет, проживавших в городе Озёрск в период с 1989 по 2019 гг., включая 8,3 % исследованных лиц детского возраста (до 18 лет). Большая часть всех КТ-исследований (85,5 %) была проведена в отделении лучевой диагностики Клинической больницы № 71 города Озёрска, остальные – в других 7 медицинских учреждениях Челябинской области, оснащённых компьютерными томографами.

Количество КТ, выполненных пациентам, включённым в Регистр, варьировало от 1 до 35 исследований (среднее количество КТ на 1 пациента – $1,67 \pm 0,01$). Среднее значение эффективной дозы (ЭД) за 1 КТ исследование – $4,70 \pm 0,04$ мЗв (максимальное значение ЭД составило 61,3 мЗв у пациента, обследованного методом ПЭТ/КТ в Челябинском областном клиническом центре онкологии и ядерной медицины).

На дату 31.12.2022 года 4 035 пациентов (19,7 %) были живы, 7 808 (38,1 %) умерло. Жизненный статус 8 645 (42,2 %) пациентов находится в процессе уточнения, из них у 6 379 пациентов (73,4 %) последняя информация о том, что пациент жив, датируется 31 декабря 2018 г. Средняя длительность периода наблюдения за пациентом составляет $5,86 \pm 0,04$ года (максимальный период наблюдения – 30,75 года), что позволяет использовать рекомендованный МКРЗ лаг 5 лет для оценки

реализации стохастических эффектов с длительным латентным периодом.

Количество впервые выявленных случаев злокачественных новообразований (ЗНО) различных локализаций (код заболевания по МКБ-10 – C00–C97) составило 4 174 (20,4 %), включая 3 946 солидных новообразований (94,5 %), и 228 случаев (5,5 %) заболеваний ЗНО кроветворной ткани, включая лейкозы и лимфомы (C82–C96). Доля первично-множественных ЗНО среди всех новообразований, включая немеланомные раки кожи (C44), составила 8,1 %.

База данных регистра включает 25,4 % лиц, нанятых на основные и вспомогательные производства ПО «Маяк» за период с 1948 по 2016 гг. Связь базы данных с дозиметрической системой «Доза-2016», позволяющей получить данные о поглощённой дозе внешнего гамма-излучения, а также внутреннего излучения в результате воздействия инкорпорированных альфа-частиц, осуществляется при помощи уникального цифрового идентификатора (ID).

Обсуждение

Существующие зарубежные аналоги созданной базы данных медико-дозиметрического регистра описаны в 17 крупных исследованиях [11], преимущественно направленных на исследования лейкомогенных рисков и риска развития злокачественных новообразований головного мозга среди лиц, проходивших КТ в детском возрасте. Наиболее масштабным является объединённое европейское исследование когорты EPI-ST [12]. Результаты упомянутых зарубежных исследований свидетельствуют о том, что риски, связанные с воздействием диагностического излучения при проведении КТ «на индивидуальном уровне являются незначительными, но могут существенно возрастать на популяционном уровне», в связи с чем существует необходимость соблюдения принципов обоснования и оптимизации лучевой нагрузки при диагностических исследованиях [13]. Большинство отечественных исследований по данной проблеме представлены прогнозными оценками, полученными на основании использования номинальных коэффициентов радиационного риска, предложенных МКРЗ [14]. При этом в действующих нормативных документах (Методические рекомендации МР 2.6.1.0098-15) утверждается, что при эффективной дозе облучения пациента «... менее 100 мГр у взрослых зависимость канцерогенного эффекта от дозы ИИ описывается различными биофизическими моделями без экспериментального подтверждения». Таким образом, используемые для нормирования радиационной безопасности коэффициенты радиационного риска, полученные путём линейной экстраполяции из области высоких доз (1 Гр), нуждаются в проверке в эпидемиологических наблюдениях с использованием реальных данных о малых дозах облучения.

Предварительные расчёты, выполненные с использованием информации, накопленной в базе данных «Регистр КТ» [15], не исключают наличие радиогенного компонента канцерогенного риска в результате воздействия малых доз диагностического облучения, но требуют дальнейшего наблюдения. Проведённое исследование выявило ряд особенностей, которые необходимо учитывать при оценке рисков диагностического облучения, таких как госпитальный характер когорты КТ, характеризующийся высоким уровнем заболеваемости и смертности, по сравнению с остальным населением, а также выраженное влияние конфаундинга показаний,

приводящего к завышению реальных оценок избыточного канцерогенного риска.

В этой связи, преимуществами созданного регистра является наличие обследованных во всех возрастных группах, пожизненное наблюдение за обследованными, учёт нескольких факторов риска радиационной и нерадиационной природы, а также возможность реконструкции индивидуальных поглощённых доз. Возможность интеграции данных о дозах производственного облучения персонала ПО «Маяк» среди диагностически облученного населения предоставляет дополнительную возможность для комплексного анализа радиационных рисков, связанных с воздействием сочетанного облучения от различных источников.

Заключение

Созданная в рамках выполнения НИР база данных медико-дозиметрического регистра «Регистр КТ» является уникальным источником информации о воздействии малых доз ионизирующего излучения диагностического характера на население. Накопленная в Регистре

информация обеспечивает возможность проведения эпидемиологического исследования по оценке отдалённых последствий воздействия малых доз диагностического облучения при проведении КТ для здоровья населения, проживающего вблизи радиационно-опасных предприятий. На основе анализа полученных данных могут быть разработаны рекомендации для медицинских учреждений в целях минимизации потенциальных радиационных рисков при проведении диагностических процедур, что способствует решению актуальной задачи по охране здоровья населения.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность коллективу отделения лучевой диагностики Клинической больницы № 71, а также коллективам отделений лучевой диагностики всех медицинских учреждений Челябинской области, участвовавших в исследовании, за предоставленную помощь в сборе и систематизации материала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Medical Radiation Exposures. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly. 2008. 293 p.
2. Preston D.L., Sokolnikov M.E., Krestinina L.Y., Stram D.O. Estimates of Radiation Effects on Cancer Risks in the Mayak Worker, Techa River and Atomic Bomb Survivor Studies // *Radiat Prot Dosimetry*. 2017. V.173. No.1-3. P. 26-31. doi: 10.1093/rpd/new316.
3. Иванов В.К., Карпенко С.В., Кащеев В.В., Чекин С.Ю., Максютов М.А., Туманов К.А., Щукина Н.В., Кочергина Е.В., Зеленская Н.С., Лашкова О.Е. Радиационные риски российских участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС за период 1992-2017 гг. Часть I: заболеваемость солидными раками // *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2019. Т.28. №4. С. 16–30. doi: 10.21870/0131-3878-2019-28-4-16-30.
4. Hamra G.B., Richardson D.B., Cardis E., Daniels R.D., Gillies M., O'Hagan J.A., Haylock R., Laurier D., Leuraud K., Moissonnier M., Schubauer-Berigan M., Thierry-Chef I., Kestiniene A. Cohort Profile: The International Nuclear Workers Study (INWORKS) // *Int. J. Epidemiol.* 2016. V.45. No3. P. 693-699. doi: 10.1093/ije/dyv122.
5. Shultz C.H., Fairley R., Murphy L., Doss M. The Risk of Cancer from CT Scans and other Sources of Low-Dose Radiation: a Critical Appraisal of Methodologic Quality // *Prehospital and Disaster Medicine*. 2020. V.35. No.1. P.3–16. doi: 10.1017/S1049023X1900520X.
6. Осипов М.В., Сокольников М.Э., Фомин Е.П. База данных компьютерной томографии населения г. Озёрск («Регистр КТ»): Свидетельство о государственной регистрации №2020622807 от 24.12.2020 г. Электронный ресурс: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=DB&DocNumber=2020622807&TypeFile=html.
7. Кошурникова Н.А., Окатенко П.В., Сокольников М.Э., Царева Ю.В. Регистр причин смерти населения ЗАТО г. Озёрск: Свидетельство о регистрации базы данных №2021621969 от 15.09.2021. Заявка №2021621638.
8. Сокольников М.Э., Кабилова Н.Р., Окатенко П.В., Кошурникова Н.А., Царева Ю.В., Мартиненко И.А., Груздева Е.А. Опыт создания регистра населения ЗАТО г. Озёрск, под-
вергавшегося в детском возрасте техногенному воздействию за счёт деятельности первого атомного предприятия России ПО «Маяк» // *Вопросы радиационной безопасности*. 2024. Т.114. №2. С. 57-74.
9. Окатенко П.В., Фомин Е.П., Денисова Е.В., Кузнецова И.С., Сокольников М.Э., Кошурникова Н.А. Канцер-регистр населения г. Озёрск: структура первичных злокачественных новообразований за период с 1948 по 2016 годы // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021. Т.66. №5. С. 85–90. doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-85-90.
10. Koshurnikova N.A., Shilnikova N.S., Okatenko P.V., Kreslov V.V., Bolotnikova M.G., Sokolnikov M.E., Khokhriakov V.F., Suslova K.G., Vassilenko E.K., Romanov S.A. Characteristics of the Cohort of Workers at the Mayak Nuclear Complex // *Radiat Res*. 1999. V.152. No.4. P. 352-363. doi: 10.2307/3580220.
11. Berrington de Gonzalez A., Pasqual E., Veiga L. Epidemiological Studies of CT Scans and Cancer Risk: the State of the Science // *Br J Radiol*. 2021. No.94. P. 20210471. doi:10.1259/bjr.20210471.
12. Walsh L., Nekolla E.A. EPI-CT: Design, Challenges, and Epidemiological Methods of an International Study on Cancer Risk after Paediatric CT // *J Radiol Prot*. 2015. V.35. No.3. P.e9-11. doi: 10.1088/0952-4746/35/3/E9.
13. McBain-Miller J., Scurrah K.J., Brady Z., Mathews J.D. Cohort Profile: The Australian Paediatric Exposure to Radiation Cohort (Aust-PERC) // *PLoS ONE*. 2022. V.17. No.9. P. e0271918. doi: 10.1371/journal.pone.0271918.
14. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований: Методические рекомендации 2.6.1.0098-15. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. 42 с.
15. Осипов М.В., Фомин Е.П., Сокольников М.Э. Оценка влияния диагностического облучения с использованием радиационно-эпидемиологического регистра населения г. Озёрска, обследованного при помощи компьютерной томографии // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2020. Т.65. №4. С. 65-73. doi: 10.12737/1024-6177-2020-65-4-65-73.

REFERENCES

1. Medical Radiation Exposures. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly. 2008. 293 p.
2. Preston D.L., Sokolnikov M.E., Krestinina L.Y., Stram D.O. Estimates of Radiation Effects on Cancer Risks in the Mayak Worker, Techa River and Atomic Bomb Survivor Studies. *Radiat Prot Dosimetry*. 2017;173;1-3:26-31. doi: 10.1093/rpd/new316.
3. Ivanov V.K., Karpenko S.V., Kashcheyev V.V., Chekin S.YU., Maksyutov M.A., Tumanov K.A., Shchukina N.V., Kochergina

- Ye.V., Zelenskaya N.S., Lashkova O.Ye. Radiation Risks of Russian Participants in the Liquidation of the Consequences of the Chernobyl NPP Accident for the Period 1992-2017. Part I: Incidence of Solid Cancers. *Radiatsiya i Risk (Byulleten' Natsional'nogo Radiatsionno-Epidemiologicheskogo Registra) = Radiation and Risk (Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry)*. 2019;28; 4:16–30 (In Russ.). doi: 10.21870/0131-3878-2019-28-4-16-30.
4. Hamra G.B., Richardson D.B., Cardis E., Daniels R.D., Gillies M., O'Hagan J.A., Haylock R., Laurier D., Leuraud K., Moissonnier M., Schubauer-Berigan M., Thierry-Chef I., Kesminiene A. Cohort Profile: The International Nuclear Workers Study (INWORKS). *Int. J. Epidemiol.* 2016;45;3:693-699. doi: 10.1093/ije/dyv122.
 5. Shultz C.H., Fairley R., Murphy L., Doss M. The Risk of Cancer from CT Scans and other Sources of Low-Dose Radiation: a Critical Appraisal of Methodologic Quality. *Prehospital and Disaster Medicine.* 2020;35;1:3–16. doi: 10.1017/S1049023X1900520X.
 6. Osipov M.V., Sokol'nikov M.E., Fomin Ye.P. *Baza Danykh Komp'yuternoy Tomografii Naseleniya g. Ozorsk («Registr KT»)* = Database of Computed Tomography of the Population of Ozersk ("CT Register"). Certificate of State Registration 2020622807. Dated 12/24/2020 (In Russ.). URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=DB&DocNumber=2020622807&TypeFile=html.
 7. Koshurnikova N.A., Okatenko P.V., Sokol'nikov M.E., Tsareva Yu.V. *Registr prichin smerti naseleniya ZATO g. Ozersk* = Register of Causes of Death of the Population of the Closed Administrative-Territorial Entity of Ozersk. Certificate of Registration of Database 2021621969. Dated 09.15.2021. Application 2021621638 (In Russ.).
 8. Sokol'nikov M.E., Kabirova N.R., Okatenko P.V., Koshurnikova N.A., Tsareva YU.V., Martinenko I.A., Gruzdeva Ye.A. Experience of Creating a Register of the Population of the Closed Administrative-Territorial Entity of Ozersk, Exposed in Childhood to Technogenic Impacts Due to the Activities of the First Nuclear Enterprise of Russia, PO Mayak. *Voprosy Radiatsionnoy Bezopasnosti = Radiation Safety Problems.* 2024;114;2:57-74 (In Russ.).
 9. Okatenko P.V., Fomin Ye.P., Denisova Ye.V., Kuznetsova I.S., Sokol'nikov M.E., Koshurnikova N.A. Cancer Registry of the Population of Ozersk: Structure of Primary Malignant Neoplasms for the Period from 1948 to 2016. *Meditinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost' = Medical Radiology and Radiation Safety.* 2021;66;5:85–90 (In Russ.). doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-85-90.
 10. Koshurnikova N. A., Shilnikova N. S., Okatenko P. V., Kreslov V. V., Bolotnikova M. G., Sokolnikov M. E., Khokhriakov V. F., Suslova K. G., Vassilenko E. K., Romanov S. A. Characteristics of the Cohort of Workers at the Mayak Nuclear Complex. *Rad Res.* 1999;152;4: 352-363. doi: 10.2307/3580220
 11. Berrington de Gonzalez A., Pasqual E, Veiga L. Epidemiological Studies of CT Scans and Cancer Risk: the State of the Science. *Br J Radiol.* 2021;94:20210471. doi:10.1259/bjr.20210471.
 12. Walsh L., Nekolla E.A. EPI-CT: Design, Challenges, and Epidemiological Methods of an International Study on Cancer Risk after Paediatric CT. *J Radiol Prot.* 2015;35;3:E9-11. doi: 10.1088/0952-4746/35/3/E9.
 13. McBain-Miller J., Scurrah K.J., Brady Z., Mathews J.D. Cohort Profile: The Australian Paediatric Exposure to Radiation Cohort (Aust-PERC). *PLoS ONE.* 2022;17;9: e0271918. doi: 10.1371/journal.pone.0271918.
 14. *Otsenka Radiatsionnogo Riska u Patsiyentov pri Provedenii Rentgenoradiologicheskikh Issledovaniy = Assessment of Radiation Risk in Patients during X-ray and Radiological Examinations. Methodological Recommendations 2.6.1.0098-15.* Moscow, Federal'naya Sluzhba po Nadzoru v Sfere Zashchity Prav Potrebiteley i Blagopoluchiya Cheloveka Publ., 2015. 42 p. (In Russ.).
 15. Osipov M. V., Fomin Ye. P., Sokol'nikov M.E. Assessment of the Impact of Diagnostic Irradiation Using the Radiation and Epidemiological Register of the Population of Ozersk, Examined Using Computed Tomography. *Meditinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost' = Medical Radiology and Radiation Safety.* 2020;65;4:65-73 (In Russ.). doi: 10.12737/1024-6177-2020-65-4-65-73.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено на средства Федерального бюджета РФ в рамках финансирования Государственного контракта № 11.314.22.2 на выполнение прикладной научно-исследовательской работы «Анализ последствий воздействия ионизирующего излучения на здоровье населения и потомков, проживающих вблизи атомных объектов Госкорпорации «Росатом» (шифр «Последствия-22»).

Участие авторов. *Osipov M.V.* – разработка концепции и дизайна исследования; разработка методологии исследования, анализ данных; *Дружинина П.С.* – сбор и анализ литературного материала, статистическая обработка; *Сокольников М.Э.* – научное редактирование текста.

Поступила: 20.05.2025. Принята к публикации: 25.06.2025.

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

Financing. The study was conducted using funds from the Federal Budget of the Russian Federation within the framework of State Contract No. 11.314.22.2 for the implementation of applied research work “Analysis of the consequences of exposure to ionizing radiation on the health of the population and descendants living near nuclear facilities of «Rosatom» (“Consequences-22”).

Contribution. *Osipov M.V.* – concept and design of the study, development of the research methodology, and data analyses; *Druzhinina P.S.* – literature overview, statistical processing of data; *Sokolnikov M.E.* – scientific editing.

Article received: 20.05.2025. Accepted for publication: 25.06.2025.