

Д.А. Завьялов, Л.Ю. Крестинина

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ СОЛИДНЫМИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ В УРАЛЬСКОЙ КОГОРТЕ ПОТОМКОВ ОБЛУЧЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ

Уральский научно-практический центр радиационной медицины ФМБА России, Челябинск

Контактное лицо: Данила Александрович Завьялов, e-mail: dan.zavyalov2012@gmail.com

РЕФЕРАТ

Цель: Исследование закономерностей показателей заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями в Уральской когорте потомков облученного населения за 65-летний период наблюдения.

Материал и методы: Исследование проведено когортным методом. Исследуемая когорта – Уральская когорта потомков облученного населения. Она включает в себя потомков населения, облученного в период с 1950 по 1960 гг. на Южном Урале (на реке Тече и на Восточно-Уральском радиоактивном следе). Территория наблюдения за когортой включает 5 районов Челябинской области, а также г. Челябинск и г. Озерск. Период наблюдения составил 65 лет, с 01.01.1956 г. по 31.12.2020 г., численность аналитической когорты на 2024 г. – 24952 чел., количество человеко-лет под наблюдением – 850698. Расчет случаев, коэффициентов заболеваемости, человеко-лет и статистическая обработка данных проводились стандартными методами с использованием программного модуля DATAB статистического пакета EpiSure.

Результаты: За 65-летний период на территории наблюдения было зарегистрировано 569 случаев солидных злокачественных новообразований. У женщин чаще всего встречаются новообразования женских репродуктивных органов, молочной железы, щитовидной железы, всего кишечника и органов верхних отделов пищеварительного тракта; у мужчин – органов дыхания, верхних отделов пищеварительного тракта и всего кишечника. Выявлено значимое увеличение показателей заболеваемости у женщин в возрастных группах старше 20 лет и у мужчин в группах старше 30 лет. Статистически значимые отличия, связанные с полом, наблюдаются только в возрастных группах от 30 до 50 лет. Значимых различий показателей заболеваемости у потомков разных этнических групп не было обнаружено. Проведена оценка показателей заболеваемости по календарным периодам: у женщин значимый рост заболеваемости начинался с 1990, у мужчин – с 2005 г., и значимые отличия, связанные с полом, наблюдались только в период с 2005 по 2020 гг.

Заключение: Проведен анализ закономерностей структуры и показателей заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями внутри когорты потомков по полу, возрасту, национальности и в зависимости от календарного периода. Данные закономерности будут учтены в дальнейших исследованиях заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями у потомков в зависимости от дозы на гонады родителей.

Ключевые слова: *Уральская когорта, потомки облученного населения, солидные злокачественные новообразования, коэффициенты заболеваемости, доза на гонады родителей*

Для цитирования: Завьялов Д.А., Крестинина Л.Ю. Анализ заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями в Уральской когорте потомков облученного населения // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 6. С. 51–55. DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-6-51-55

D.A. Zavyalov, L.Yu. Krestinina

Analysis of the Incidence of Solid Malignant Neoplasms in the Urals Cohort of Exposed Population Offspring

Ural Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk, Russia

Contact person: Danila A. Zavyalov, e-mail: dan.zavyalov2012@gmail.com

ABSTRACT

Purpose: The study of regularities in the incidence of solid cancer in the Urals Cohort of the Exposed Population Offspring over a 65-year follow-up period.

Material and methods: The study was conducted by cohort method. The cohort under study is the Urals Cohort of the Exposed Population Offspring. It includes offspring of the population exposed in the period from 1950 to 1960 in the Southern Urals (on the Techa River and at the East Urals radioactive trace). The catchment area includes 5 districts of the Chelyabinsk region, as well as the city of Chelyabinsk and the city of Ozyorsk. The follow-up period was 65 years, from 01.01.1956 to 31.12.2020, the number of the analytical cohort for 2024 is 24952 people, the number of person-years under follow-up is 850698. Calculation of cases, incidence rates, person-years and statistical processing of data were performed by standard methods using the DATAB program module of the Epicure statistical package.

Results: During the 65-year period, 569 cases of solid cancers were registered in the catchment area. In women the most frequent cases were neoplasms of female reproductive organs, breast, thyroid gland, whole intestine and upper digestive tract organs; in men - respiratory organs, upper digestive tract and whole intestine. A significant increase in the incidence rates was found in women in age groups older than 20 years and in men in groups older than 30 years. Statistically significant sex-dependent differences were observed only in the age groups between 30 and 50 years. No significant differences in the incidence rates among offspring of different ethnic groups were found. An assessment of incidence rates by calendar periods was carried out: in women, a significant increase in incidence rates began in 1990, in men in 2005 and significant differences by sex were observed only in the period from 2005 to 2020.

Conclusion: The study revealed patterns in the incidence of solid malignant neoplasms within the offspring cohort by sex, age and depending on the calendar period. These patterns will be taken into account in future studies when assessing the dependence of the incidence of solid malignant neoplasms in offspring on parental gonadal dose.

Keywords: *Urals Cohort, Exposed Population Offspring, solid cancer, incidence rates, parental gonadal dose*

For citation: Zavvalov DA, Krestinina LYu. Analysis of the Incidence of Solid Malignant Neoplasms in the Urals Cohort of Exposed Population Offspring. Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69(6):51–55. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-6-51-55

Введение

Вопрос наличия трансгенерационных эффектов у потомков облученного населения стоит чрезвычайно остро. Так, хорошо известно, что ионизирующее излучение индуцирует мутации в клетках человека и животных. Мутации в соматических клетках могут приводить к развитию различных эффектов, в первую очередь онкологических заболеваний. Исследования, проведенные на экспериментальных животных, показывают, что индуцированные ионизирующим излучением (ИИ) мутации половых клеток могут передаваться потомству и вызывать разнообразные эффекты от радиационно-индуцированной нестабильности генома до пороков развития и онкопатологии. Цитогенетические исследования у потомков облученного населения не находят доказательств негативного влияния на здоровье потомков [1–4].

Эпидемиологические исследования также не могут однозначно ответить на этот вопрос. Исследования в японской когорте потомков лиц, выживших после атомных бомбардировок, не выявили повышенного риска рака, связанного с дозой облучения родителей [5]. Исследование последствий облучения отцов (ликвидаторов аварии на ЧАЭС) не выявило изменение структуры заболеваемости их детей и не обнаружило статистически значимых радиационных рисков заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) [6].

Сравнительный анализ заболеваемости солидными ЗНО у потомков работниц ПО «Маяк», подвергшихся пролонгированному прекоцептивному радиационному воздействию, показал значимые различия в заболеваемости ЗНО щитовидной железы и нервной системы по сравнению с региональными и национальными данными, а также более ранний возраст проявления рака у потомков [7].

В 2022 г. в Уральском научно-практическом центре радиационной медицины была создана Уральская когорта потомков облученного населения (УКПОН), численность которой, согласно критериям, составила 34,5 тыс. человек. УКПОН включает в себя потомков населения, облученного в период с 1950 по 1960 гг. на Южном Урале (в результате плановых и аварийных сбросов в реку

Течу и аварии 1957 г. на комбинате «Маяк», приведшей к образованию Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа)). Сами потомки не облучались в постнатальном периоде, что позволяет отделить трансгенерационные эффекты облучения от эффектов постнатального облучения [8].

Целью данного исследования является анализ закономерностей изменения структуры и величины показателей заболеваемости солидными ЗНО за 65-летний период наблюдения в зависимости от пола, возраста, календарного периода и этнической принадлежности членов УКПОН.

Материал и методы

Территория наблюдения за заболеваемостью (ТНЗ) ЗНО потомков включает 5 районов Челябинской области (Каслинский, Кунашакский, Красноармейский, Аргаяшский и Сосновский), а также г. Челябинск и г. Озерск. Установленный период наблюдения с 1.1.1956 г. по 31.12.2020, ограничен 1956 г., моментом начала регистрации ЗНО в Челябинском областном онкологическом диспансере. В связи с ограничением периода и территории наблюдения, в аналитическую когорту для анализа заболеваемости ЗНО входят 24952 чел. Демографические и дозовые характеристики когорты представлены в табл. 1.

В когорте примерно равное количество мужчин и женщин, русских на 6,6 % меньше, чем татар и башкир. Всего за период наблюдения на ТНЗ зарегистрированы 569 случаев солидных ЗНО, из них на долю женщин приходится 58 % (332 случая). По этническим группам распределение ЗНО соответствует доле населения. Средний возраст матерей потомков был на 2 года моложе, чем у отцов (27,5 и 29,8 лет соответственно). В этнической группе татар и башкир средний возраст родителей старше на 1 год, чем у славян, что связано с большим количеством детей в этой группе. В табл. 1 также представлены дозы на гонады родителей членов УКПОН (отца, матери и суммарная), которые были рассчитаны сотрудниками биофизической лаборатории с использованием дозиметрической системы TRDS-2016 [9]. Родители членов

Таблица 1

Демографические и дозовые характеристики УКПОН
Demographic and dose characteristics of the UCEPO

Характеристика	Мужчины	Женщины	Татары и башкиры	Русские	Вся когорта
Кол-во человек, (%)	12580 (50,4)	12372 (49,6)	13302 (53,3)	11650 (46,7)	24952 (100)
Средний достигнутый возраст потомков	39,6	39,8	41,1	38,1	39,7
Кол-во случаев солидных ЗНО	237	332	300	269	569
Человеко-лет	424419	426280	479970	370728	850698
Средний возраст отца, лет	29,8	29,7	30,7	28,6	29,8
Средний возраст матери, лет	27,5	27,5	28,3	26,6	27,5
Средняя/медианная доза на гонады родителей, мГр					
Суммарная	78,4 / 22,8	78,8 / 23,2	98,6 / 57,3	55,9 / 14,0	78,6 / 22,9
Отца	36,6 / 2,6	37,4 / 3	46,5 / 8,4	26,1 / 1,4	37 / 2,8
Матери	41,8 / 4,2	41,5 / 3,9	52,1 / 7,8	29,7 / 2,2	41,6 / 4,0

УКПОН получили хроническое комбинированное (внутреннее, с водой и пищей, и внешнее) облучение в диапазоне малых и средних доз. Дозы на гонады матерей во всех группах потомков были несколько выше, чем на гонады отцов. Наибольшие дозы были получены родителями, проживающими в верховьях реки Течи на территории Челябинской области, в которой доля татар и башкир была намного выше, чем в Курганской области, поэтому средние дозы на гонады были выше у татар и башкир [10]. Гонадные дозы родителей у потомков мужского и женского пола не отличались.

Расчет человеко-лет и статистическая обработка данных проводились с использованием программного модуля DATAВ статистического пакета EpiSure [11]. Коэффициенты заболеваемости (КЗ) рассчитаны на 100 тыс. человеко-лет стандартными статистическими методами. Доверительные интервалы для коэффициентов рассчитаны с 95 % вероятностью. При сравнении коэффициентов заболеваемости ЗНО в динамике использован метод прямой стандартизации, за стандарт принято возрастное распределение человеко-лет во всей когорте за весь период.

Результаты и обсуждение

Структура заболеваемости солидными ЗНО по локализациям и по полу с указанием среднего возраста развития ЗНО представлена на рис. 1.

У женщин чаще всего встречаются ЗНО женских репродуктивных органов (ЖРО) и ЗНО молочной железы (МЖ) – по 25,9 % от всех случаев у женщин (или по 86 случаев ЗНО МЖ и ЖРО, включая 37 случаев ЗНО шейки матки). Второе место занимают ЗНО щитовидной железы и нижних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) – по 7,8 % или 26 случаев, далее – ЗНО органов верхнего отдела ЖКТ – 6,6 % или 22 случая (включая 14 случаев ЗНО желудка).

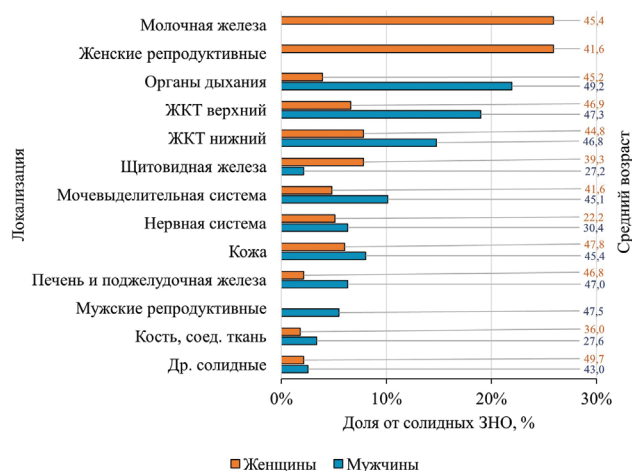


Рис. 1. Структура заболеваемости солидными ЗНО в УКПОН

Примечание: Органы дыхания – трахея, бронхи, легкие. ЖКТ верхний – ЗНО ротовой полости, пищевода и желудка. ЖКТ нижний – ЗНО всех отделов кишечника. Кожа – ЗНО кожи, включая меланому

Fig. 1. Structure of the incidence of solid cancer in UCEPO

Note: Respiratory organs – trachea, bronchi, lungs. The upper gastrointestinal tract is the heat of the oral cavity, esophagus and stomach. The lower gastrointestinal tract is the heat of all parts of the intestine. Skin – Skin heat including melanoma

У мужчин наиболее частыми являются ЗНО органов дыхания (21,9 % от солидных ЗНО у мужчин или 52 случая, включая 45 раков легкого), на втором ЗНО верхнего отдела ЖКТ – 19 % или 45 случаев (из них 26 случаев

рака желудка). На третьем месте ЗНО нижнего отдела ЖКТ – 14,8 % или 35 случаев (включая 13 случаев ЗНО прямой кишки). Наиболее ранний возраст регистрации ЗНО у потомков наблюдался для опухолей нервной системы (22 года), костей и соединительной ткани (36 лет) и щитовидной железы (39 лет).

Первые места в структуре заболеваемости ЗНО у мужчин УКПОН (рак легкого трахеи и бронхов) и у женщин (рак молочной железы) соответствуют таковым по России [12]. В 2014 г. у мужчин доля ЗНО трахеи, бронхов и легкого составила – 17,8 %, у женщин рак молочной железы – 21,2 %. Последующие ранговые места ЗНО в России отличаются от таковых в УКПОН, что связано с относительно молодым возрастом членов когорты, которые не достигли возраста наиболее частых ЗНО в России (у мужчин – простаты и кожи, у женщин – кожи).

Средний возраст развития ранних ЗНО также соответствует общероссийским данным, так до 30 лет чаще всего регистрируют ЗНО нервной системы – 10,7 %, щитовидной железы – 7,0 %, на третьем месте раки шейки матки, а также костей и соединительной ткани – по 6,7 %.

Повозрастные коэффициенты заболеваемости солидными ЗНО в группах по полу и национальности представлены на рис. 2 и 3. Заболеваемость солидными ЗНО как у мужчин, так и у женщин растет с возрастом (рис. 2). Статистически значимое увеличение заболеваемости мужчин наблюдается в группе 30–39 лет относительно группы 20–29 лет (46,2; 95 % ДИ: 32,3; 63,9; и 12,5; 95 % ДИ: 6,2; 22,3 соответственно). У женщин наблюдается похожая закономерность, но на 10 лет раньше, заболеваемость солидными ЗНО статистически значимо растёт начиная с возрастной группы 20–29 лет относительно предыдущей.

Заболеваемость женщин несколько выше, чем у мужчин в возрастных группах до 50 лет (рис. 2). Статистически значимые отличия наблюдаются только в двух в возрастных группах 30–39 и 40–49 лет. В группе от 30 до 39 лет КЗ у женщин – 88,6 (95 % ДИ: 68,8; 112,3), почти в 2 раза выше, чем у мужчин – 46,2 (95 % ДИ: 32,3; 63,9). В следующей группе от 40 до 49 лет закономерность сохраняется – заболеваемость женщин выше таковой у мужчин, но в 1,5 раза – 238,3 (95 % ДИ: 197,7; 284,7) против 158,0 (95 % ДИ: 124,9; 197,2) соответственно. Данная особенность характерна и для всего населения

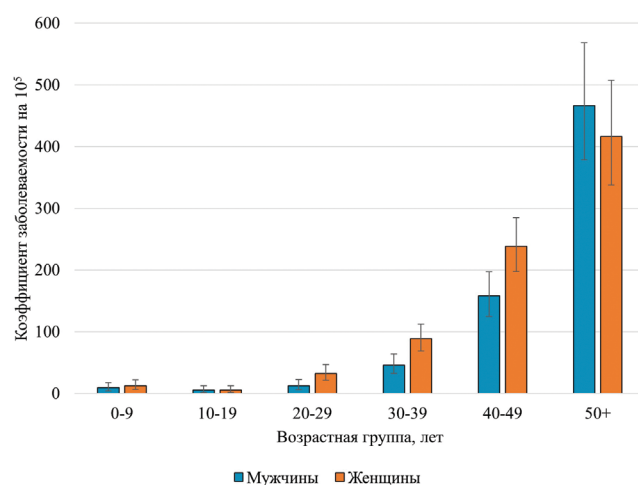


Рис. 2. Половозрастные коэффициенты заболеваемости солидными ЗНО

Fig. 2 Sex and age-specific incidence rates of solid cancer

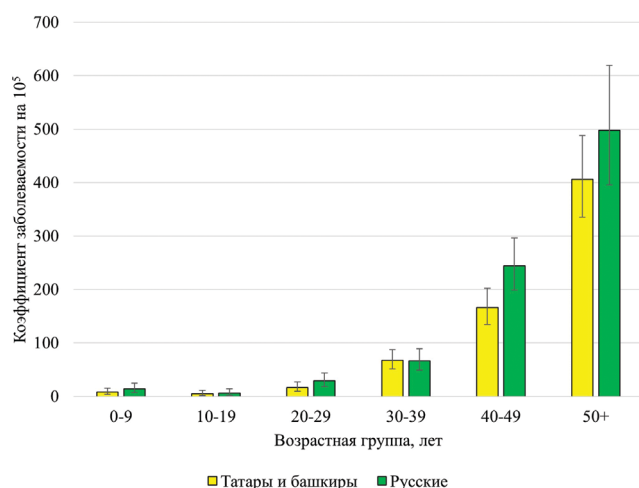


Рис. 3. Повозрастные коэффициенты заболеваемости солидными ЗНО по национальности

Fig. 3. Age-specific incidence rates of solid cancer by nationality

России [12], по данным за 2014 г. отношение показателей заболеваемости ЗНО женщин к мужчинам составило в возрастах 15–29 лет – 1,7, 30–39 лет – 2,5, в 40–49 лет – 1,7, а в 50–59 лет – 0,9.

Коэффициенты заболеваемости солидными ЗНО в зависимости от национальности представлены на рис. 3. Во всех возрастных группах наблюдается тенденция к более высоким КЗ у русского населения, но различия с КЗ у татар и башкир не являются статистически значимыми. В группе татар и башкир статистически значимый рост заболеваемости наблюдается с группы 30–39 лет относительно предыдущей – 20–29 лет. Заболеваемость у татар и башкир значимо увеличивается в ~3 раза на каждые 10 лет возраста. У русских статистически значимый рост заболеваемости солидными ЗНО начинается с группы 20–29 лет относительно группы 10–19 лет и продолжается в последующих возрастных группах.

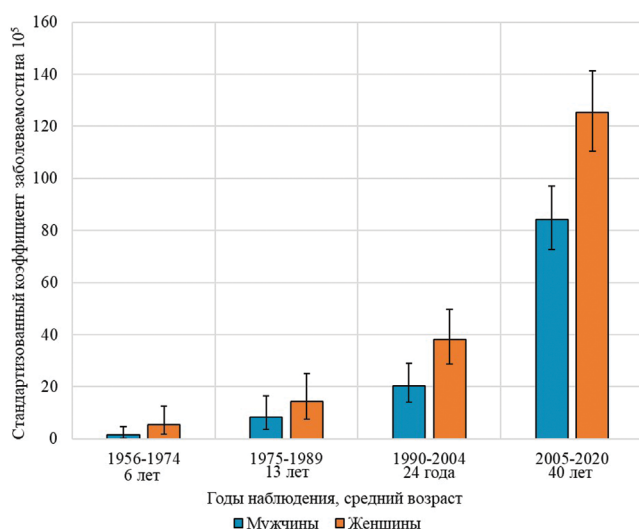


Рис. 4. Стандартизированные коэффициенты заболеваемости солидными ЗНО по полу и календарному периоду

Fig. 4. Standardized incidence rates of solid STDs by sex and calendar period

На рис. 4 представлены в динамике стандартизованные показатели заболеваемости для мужчин и женщин с указанием среднего достигнутого возраста в данном периоде. У мужчин статистически значимый рост заболеваемости начинается в период с 2005 по 2020 гг., когда средний возраст достигает 40 лет. Заболеваемость в этот период – 84,3 (95 % ДИ: 72,8; 97,0) в 4 раза выше, чем в предыдущий – 20,5 (95 % ДИ: 14,0; 28,9). У женщин значимый рост заболеваемости начинается раньше, в период с 1990 по 2005 год – 38,9 (95 % ДИ: 29,9; 50,7), относительно периода с 1975 по 1989 гг. – 14,4 (95 % ДИ: 7,5; 25,2). В следующем периоде, с 2005 по 2020 гг., заболеваемость также значимо выше, чем в предыдущий период – 125,3 (95 % ДИ: 11,5; 141,4).

Наблюдаются также и различия между потомками мужского и женского пола, заболеваемость у женщин выше, чем у мужчин во все периоды наблюдения, но значимые отличия наблюдаются только в период с 2005 по 2020 гг. В данный период заболеваемость у женщин в 1,5 раза выше, (125,3; 95 % ДИ: 11,5; 141,4), чем у мужчин (84,3; 95 % ДИ: 72,8; 97,0).

Заключение

В работе представлен описательный анализ заболеваемости всеми солидными ЗНО в УКПОН и заболеваемости ЗНО отдельных локализаций. Были выявлены следующие закономерности:

- В структуре заболеваемости солидными ЗНО у женщин чаще всего встречаются ЗНО женских репродуктивных органов и ЗНО молочной железы, на втором месте – ЗНО щитовидной железы и нижних отделов ЖКТ, далее ЗНО верхних отделов ЖКТ. У мужчин на первом месте в структуре заболеваемости стоят ЗНО органов дыхания, на втором – ЗНО верхних отделов ЖКТ, на третьем месте – ЗНО нижних отделов ЖКТ.
- Во всех возрастных группах до 50-летнего возраста наблюдается тенденция более высоких КЗ заболеваемости у женщин относительно мужчин. Статистически значимые отличия между полами наблюдаются в возрастных группах 30–39 и 40–49 лет.
- Заболеваемость у женщин выше, чем у мужчин во все календарные периоды, но значимые отличия наблюдаются только в период с 2005 по 2020 гг.
- Статистически значимых различий в показателях заболеваемости в зависимости от этнической принадлежности не было обнаружено.
- Основные тенденции и закономерности поведения показателей заболеваемости солидными ЗНО в УКПОН соответствуют таковым в Российской Федерации с наличием некоторых особенностей, связанных с более молодым возрастом членов когорты потомков. Выявленные особенности будут учтены в дальнейших исследованиях при оценке зависимости заболеваемости солидными ЗНО у потомков от дозы на гонады родителей.

Благодарность

Выражаем благодарность сотрудникам биофизической лаборатории ([М.О. Дегтевой], Е.А. Шишкиной, Е.И. Толстых) за расчет оценок индивидуальных доз для членов когорты потомков, сотрудникам отдела Базы данных «Человек» под руководством Старцева Н.В., а также сотрудникам эпидемиологической лаборатории Уральского научно-практического центра радиационной медицины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соснина С.Ф., Сокольников М.Э. Наследуемые эффекты у потомков, связанные с вредным воздействием на родителей (Обзор литературы) // Радиационная гигиена. 2019. Т.12, №3. С.84-95. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-3-84-95
2. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume II. Scientific annex B: Effects of radiation exposure of children. New York, 2013. 284 p.
3. Дуброва Ю.Е. Индукция мутаций в половых клетках человека и мышей // Генетика. 2016. Т.52, №1. С.24-36. DOI: 10.7868/S0016675816010033.
4. Ослина Д.С., Рыбкина В.Л., Азизова Т.В. Передача радиационно-индуцированной геномной нестабильности от облученных родителей потомкам // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т.67, №4. С.10-18. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-10-18.
5. Ozasa K., Cullings H.M., Ohishi W., Hida A., Grant E.J. Epidemiological studies of atomic bomb radiation at the Radiation Effects Research Foundation // International Journal of Radiation Biology. 2019. V.95, No.7. P.879-891. DOI: 10.1080/09553002.2019.1569778
6. Кочергина Е.В., Горский А.И., Чекин С.Ю., Корело А.М., Туманов К.А., Зеленская Н.С., Щукина Н.В., Карпенко С.В., Максюттов М.А. Радиационно-эпидемиологическое исследование заболеваемости потомков первого поколения участников ликвидации последствий аварии на черновильской атомной электростанции // Радиация и риск (Бюллетень НРЭР). 2021. Т.30, №1. С.110-130. DOI: 10.21870/0131-3878-2021-30-1-110-130
7. Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Последствия материнского прекоцептивного облучения: солидные раки у потомков в первом поколении // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2019. Т.28, №3. С.132-144. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-132-144
8. Крестинина, Л.Ю., Шалагинов С.А., Старцев Н.В. Уральская когорта потомков облученного населения // Вопросы радиационной безопасности. 2022. №4(108). С.86-94.
9. Degteva M.O., Napier B.A., Tolstykh E.I., et al. Enhancements in the Techa River Dosimetry System: TRDS-2016D Code for Reconstruction of Deterministic Estimates of Dose from Environmental Exposures. Health Phys. 2019. Vol.117, №4, P.378-87. DOI: 10.1097/HP.0000000000001067.
10. Последствия радиоактивного загрязнения реки Течи / Под ред. Аклеева А.В. Челябинск: Книга, 2016. 390 с.
11. Preston D.L., Lubin J.H., Pierce D.A., McConney M.E. Epicure Users Guide. Seattle, Washington: Hirosoft International Company, 1993.
12. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2014 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ», Минздрава России, 2016. 250 с.

REFERENCES

1. Sosnina S.F., Sokolnikov M.E. Heritable Effects in Offspring Associated with Harmful Exposure to Parents (Literature Review). *Radiatsionnaya Gygiena* = Radiation Hygiene. 2019;12;3:84-95 (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-3-84-95.
2. UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume II. Scientific Annex B: Effects of Radiation Exposure of Children. New York, 2013. 284 p.
3. Dubrova Yu.E. Mutation Induction in the Mouse and Human Germline. Russian Journal of Genetics. 2016 Jan;52(1):17-28. doi:10.1134/s1022795416010038 (In Russ.).
4. Osolina DS, Rybkina VL, Azizova TV. Transmission of Radiation-Induced Genome Instability from Irradiated Parents to their Offspring. MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY. 2022 Aug;67(4):10-8 (In Russ.). doi:10.33266/1024-6177-2022-67-4-10-18.
5. Ozasa K, Cullings HM, Ohishi W, Hida A, Grant EJ. Epidemiological Studies of Atomic Bomb Radiation at the Radiation Effects Research Foundation. International Journal of Radiation Biology. 2019 Feb 1;95(7):879-91. doi:10.1080/09553002.2019.1569778
6. Kochergina EV, Gorski AI, Chekin SYu, Korelo AM, Tumanov KA, Zelenskaya NS, et al. General Morbidity among Children of Chernobyl Cleanup Workers: Radiation Epidemiological Study. Radiation and Risk. Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry. 2021;30(1):110-30 (In Russ.). doi:10.21870/0131-3878-2021-30-1-110-130
7. Sosnina SF, Okatenko PV. Consequences of Maternal Preconceptional Exposure: Solid Cancers in Offspring in the First Generation. Radiation and Risk. Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry. 2019;28(3):132-44 (In Russ.). doi:10.21870/0131-3878-2019-28-3-132-144.
8. Krestinina LYu, Shalaginov SA, Startsev NV. Urals Cohort of Exposed Population Offspring. *Voprosy Radiatsionnoy Bezopasnosti* = Issues of Radiation Safety. 2022;4(108):86-94 (In Russ.).
9. Degteva MO, Napier BA, Tolstykh EI, Shishkina EA, Shagina NB, Volchkova AYU, et al. Enhancements in the Techa River Dosimetry System: Trds-2016d code for Reconstruction of Deterministic Estimates of Dose from Environmental Exposures. Health Physics. 2019 Apr 8;117(4):378-87. doi:10.1097/hp.0000000000001067.
10. *Posledstviya Radioaktivnogo Zagryazneniya Reki Tечи* = Consequences of Radioactive Contamination of the Techa River. Ed. Akleyev A.V. Chelyabinsk, Kniga Publ., 2016. 400 p. (In Russ.).
11. Preston D.L., Lubin J.H., Pierce D.A., McConney M.E. Epicure Users Guide. Seattle, Washington: Hirosoft International Company, 1993.
12. Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Petrova G.V. *Zlokachestvennyye Novoobrazovaniya v Rossii v 2014 Godu (Zabolevaemost' I Smertnost')* = Malignant Neoplasms in Russia in 2014 (Morbidity and Mortality). Moscow Publ., 2016. 250 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 г.».

Участие авторов. Завьялов Д.А. – анализ заболеваемости, обсуждение результатов, написание статьи, подготовка рисунков. Крестинина Л.Ю. – дизайн исследования, интерпретация данных, подготовка разделов статьи.

Поступила: 20.07.2024. Принята к публикации: 25.09.2024.

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

Financing. The work was carried out within the framework of the implementation of the federal target program «Ensuring nuclear and radiation safety for 2016–2020 and for the period up to 2030».

Contribution. Zavyalov D.A. – morbidity analysis, discussion of results, writing an article, preparation of drawings. Krestinina L.Y. – research design, data interpretation, preparation of sections of the article.

Article received: 20.07.2024. Accepted for publication: 25.09.2024.