

<https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-6-47-53>

Эпидемиологические особенности злокачественных новообразований дыхательной системы в когорте лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию

Л. Д. Микрюкова*

ФГБУН Уральский научно-практический Центр радиационной медицины ФМБА России, г. Челябинск, Россия

Резюме

Актуальность. Заболевания дыхательной системы являются лидирующими в структуре онкопатологии у лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию в диапазоне малых доз. **Цель.** Охарактеризовать злокачественные новообразования дыхательной системы в Уральской когорте аварийно-облученного населения за длительный период наблюдения (71 год). **Материалы и методы.** Уральская когорта аварийно-облученного населения (УКАОН), пострадавшего в результате аварий на производственном объединении «Маяк», состоит из 62 592 человек. За 71-летний период наблюдения выявлено 1023 случая смерти от злокачественных новообразований дыхательной системы. Общее количество человеко-лет под риском 1 964 136. В исследовании использовался описательно-аналитический эпидемиологический метод. **Результаты.** Случаи смерти от злокачественных новообразований дыхательной системы в Уральской когорте аварийно-облученного населения зарегистрированы у 898 мужчин и 125 женщин. Смертность от злокачественных новообразований дыхательной системы у мужчин достоверно выше по сравнению с женщинами. Выявлена зависимость роста смертности от возраста начала облучения и его увеличения. Смертность выше в русской этнической группе населения по сравнению с этнической группой татар и башкир за все периоды наблюдения, кроме периода с 2016 г. по 2020 г. Показатели смертности от онкологических заболеваний дыхательных путей достоверно больше у курящих. **Заключение.** Изучение онкологической патологии дыхательных путей у облученных представляет, несомненно, научный и практический интерес. Результаты могут служить основанием для разработки и совершенствования программ профилактической помощи пострадавшему населению.

Ключевые слова: злокачественные новообразования дыхательной системы, ПО «Маяк», облученное население, смертность
Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Микрюкова Л. Д. Эпидемиологические исследования злокачественных новообразований дыхательной системы в когорте лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(6):47-53. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2024-23-6-47-53>

Epidemiological Studies of the Respiratory System in a Cohort of People Exposed to Chronic Radiation Exposure

LD Mikryukova**

Urals Research Center for Radiation Medicine FMBA of Russia, Chelyabinsk, Russia

Abstract

Diseases of the respiratory system are leading in the structure of oncopathology in persons exposed to chronic radiation exposure in the low dose range. The objective of the work is characterize malignant neoplasms of the respiratory system in the Southern Urals Population Exposed to Radiation cohort over a long period of observation (71 years). **Materials and methods.** The South Urals Population Exposed to Radiation (SUPER) Cohort by accidents at the Mayak Production Association consists of 62 592 persons. We have detected 1023 cases of death from malignant neoplasms of respiratory system during the 71-year follow-up period. The total number of person-years at risk was 1 964 136. The study used a descriptive and analytical epidemiological method. **Results.** Deaths from malignant neoplasms of the respiratory system in the Southern Urals Population Exposed to Radiation cohort of the accidentally exposed population were registered in 898 men and 125 women. Mortality from respiratory cancer is significantly higher in men compared to women. The dependence of mortality growth on the age of initiation of exposure and its increase was revealed. Mortality is higher in the Russian ethnic group of the population compared with the ethnic group of Tatars and Bashkirs for all periods of observation, except for the period from 2016 to 2020. An increase in mortality from neoplasms of the respiratory system was revealed with an increase in the age reached and the age of initiation of exposure. The risk of mortality from of

* Для переписки: Микрюкова Людмила Дмитриевна, к. м. н., ст. научн. сотр. эпидемиологической лаборатории ФГБУН Уральский научно-практический Центр радиационной медицины ФМБА России, 454141, Челябинск, ул. Воровского, 68а. +7 (904) 305-08-63, mikludm@mail.ru. ©Микрюкова Л. Д.

** For correspondence: Mikryukova Lyudmila D., Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of Epidemiological Laboratory, Urals Research Center for Radiation Medicine FMBA of Russia, 68A Vorovsky street, Chelyabinsk, 454141, Russia. +7 (904) 305-08-63, mikludm@mail.ru. ©Mikryukova LD.

respiratory cancer is significantly higher in smokers. **Conclusions.** The study of oncopathology of respiratory tract in exposed people is undoubtedly of scientific and practical interest. The results can serve as a basis for development and improvement of preventive care programs for the affected population.

Key words: malignant neoplasms of respiratory system, Mayak PA, exposed population, mortality rates

Для цитирования: Микрюкова Л. Д. Эпидемиологические исследования злокачественных новообразований дыхательной системы в когорте лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(6):47-53. <https://doi:10.31631/2073-3046-2024-23-6-47-53>

Введение

Производственное объединение «Маяк» – промышленное предприятие на Южном Урале по производству плутония для атомного оружия было создано в 1948 г. В результате несовершенства технологий в первые годы работы предприятия произошло две аварии, которые привели к загрязнению реки Теча и образованию Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Загрязнение реки Теча произошло в результате аварийных и регламентных сбросов жидких радиоактивных отходов с 1948 г. по 1956 г. Восточно-Уральский радиоактивный след образовался в результате взрыва емкости с жидкими радиоактивными отходами в 1957 г. Основными дозообразующими радионуклидами были долгоживущие стронций-90 и цезий-137 [1,2].

Население близлежащих населенных пунктов подверглось радиоактивному воздействию в широком диапазоне доз. Критическим органом по дозе облучения у населения являлся красный костный мозг вследствие значительного поступления остеотропного ^{90}Sr с продуктами питания местного производства [1–3]. С 1955 г. медицинское наблюдение за населением, пострадавшим в результате радиационного воздействия, осуществляется клиническим отделением Уральского научно-практического Центра радиационной медицины [1,3,4].

Рак дыхательных путей относится к одним из самых часто встречающихся онкологических заболеваний, в большинстве своем опухоли являются злокачественными (С30-С39 по МКБ-10) [5–8,9].

В структуре смертности населения России от злокачественных новообразований (ЗНО) наибольший удельный вес имеют опухоли трахеи, бронхов, легкого (16,8%) [9]. Риск возникновения ЗНО дыхательных путей возрастает при наличии ряда факторов риска, которые Международное агентство по изучению рака классифицировало как канцерогенные [5–7]:

- Активное и пассивное курение является наиболее значимым фактором, увеличивающим частоту появления симптомов рака легких у по сравнению с некурящими людьми.
- Генетическая предрасположенность. Наследственный фактор существенно повышает риск развития опухоли.
- Загрязненная окружающая среда и работа с химическими составами, асбестовая или угольная пыль, наличие в воздухе полициклических

соединений, мышьяка, хрома, никеля и других химических соединений, выхлопные газы дизельных двигателей, растворители провоцируют развитие новообразований в тканях органов дыхания.

- Ионизирующая радиация, воздействие радона.
- Хронические болезни легких.

В современном мире появляются и другие новые факторы риска, которые могут способствовать (самостоятельно или при их сочетании) возникновению ЗНО дыхательной системы, – применение электронных сигарет и других подобных устройств, низкая физическая активность, нерациональное питание и др. Старение общества также увеличивает важность исследований различных локализаций рака, включая ЗНО органов дыхания.

Цель данного исследования – охарактеризовать злокачественные новообразования дыхательной системы в Уральской когорте аварийно-облученного населения за длительный период наблюдения (71 год).

Материалы и методы

Для организации долгосрочного медицинского наблюдения и анализа радиационного риска канцерогенных эффектов у населения была создана Уральская когорта аварийно-облученного населения (УКАОН), которая включает когорты населения, проживающие на территориях реки Теча и ВУРС, подвергшихся хроническому облучению с 01.01.1950 г. по 31.12.1960 г., а также внутриутробно облученные и потомки облученных, если они облучились в указанный период постнатально. Общая численность УКАОН составляет 62 592 человека.

В исследовании использовался описательно-аналитический эпидемиологический метод.

Для динамического наблюдения состояния здоровья облученных в УНПЦ РМ была создана медико-дозиметрическая база данных. Случаи смерти от злокачественных новообразований органов дыхательной системы были верифицированы и зафиксированы в раковом регистре облученных УНПЦ РМ. Основным источником информации о случаях смерти от злокачественных новообразований органов дыхания – медицинское свидетельство о смерти. Учитывая длительный период наблюдения, случаи смерти часто верифицированы из нескольких источников информации – бумажные свидетельства о смерти, архивные документы, дан-

ные электронного регистра причин смерти и постоянно пополняемого ракового регистра, медицинские документы из УНПЦ РМ и других медицинских учреждений, документы экспертного совета и т.д. Челябинская и Курганская области были определены как территории наблюдения за причинами смерти (ТНС). Сбор сведений о причинах смерти проводится в режиме регулярного пополнения и обновления информации.

Всего в наблюдаемой когорте состоит 62 592 человека, из них на территории наблюдения к 31.12.2020 г. живых – 10 478 человек, умерших – 34 938 человек, вышли из-под наблюдения 5614 человек и 11 562 человека покинули наблюдаемую территорию. За 71-летний период наблюдения выявлено 1023 случая смерти от злокачественных новообразований дыхательной системы. Общее количество человеко-лет под риском 1 964 136.

Статистический анализ

Статистический анализ проведен с использованием статистического пакета EPICURE (программы DATAV) [11]. В DATAV был проведен подсчет случаев и человеко-лет у членов анализируемой когорты по основным демографическим характери-

кам – пол, этническая принадлежность, возраст на начало облучения.

Расчет коэффициентов смертности проводился по формуле:

$$\text{Коэффициент смертности} = n \cdot 100000 / N_{\text{пуг}},$$

где n – число случаев смерти от ЗНО органов дыхания за период;

$N_{\text{пуг}}$ – число человеко-лет за период.

При сравнении общих показателей использовался метод прямой стандартизации по возрасту и 95% доверительные интервалы. Достоверность результатов и доверительные интервалы (ДИ) оценивались методом максимального правдоподобия с 95% вероятностью.

Результаты и обсуждение

Среди установленных причин смерти в когорте УКАОН за весь период наблюдения (1950–2020 гг.) можно выделить несколько локализаций ЗНО: полость носа и придаточных пазух, среднее ухо – 9 случаев (1%), плевра – 4 (3%) гортань – 78 (7%), трахея, бронхи и легкие – 925 (90%), других локализаций дыхательной системы – 7 (6%). Средний возраст умерших от ЗНО органов дыхания в ко-

Таблица 1. Распределение лиц из Уральской когорты аварийно-облученного населения (УКАОН) по случаям злокачественных новообразований дыхательной системы по полу, этническим группам и возрасту на начало облучения

Table 1. Distribution of persons of the South Urals Population Exposed to Radiation (SUPER) Cohort by cases of malignant neoplasms of the respiratory system by gender, ethnic groups and age at the beginning of exposure

Параметры Parameters	УКАОН SUPER n	%	ЗНО органов дыхания Malignant neoplasms of the respiratory system	
			n	%
<i>Пол Sex</i>				
Женщины Female	34 803	56	898	88
Мужчины Male	27 789	44	125	12
<i>Этнические группы Ethnicity</i>				
Русские Russians	47 226	72	745	73
Татары и башкиры Tatars and Bashkirs	18 366	28	278	27
<i>Возраст на начало облучения, лет Age at exposure, years old</i>				
0–19	32 740	52	2	1
20–39	16 596	26	17	2
40–59	8798	15	315	30
60–79	4045	6	647	63
80>	413	1	42	4

горте УКАОН составил 64 года. По данным литературы, уровень смертности от ЗНО легких, трахеи и бронхов в Челябинской области выше среднероссийского (2006–2015 гг.) [12]. Рак легкого является наиболее диагностируемым и самым смертоносным видом рака во всем мире: в 2020 г. было зарегистрировано 2,2 млн случаев, что привело к 1,8 млн смертей [6]. Рак легких редко встречается у лиц моложе 40 лет, средний возраст постановки диагноза составляет 70 лет, а средний возраст смерти – 72 года [5].

В наблюдаемой когорте количество случаев смерти от ЗНО органов дыхания становится больше с увеличением достигнутого возраста. В таблице 1 представлено распределение лиц из УКАОН по случаям злокачественных новообразований дыхательной системы, по полу, этническим группам и возрасту на начало облучения.

Среди лиц, умерших от ЗНО органов дыхания, значительно больше мужчин – 88% от всей когорты. По этническому составу распределение среди мужчин и женщин примерно одинаковое – этническая группа русских преобладает и составляет 72–73%. По возрасту на начало облучения 52% всей когорты были в возрасте до 20 лет, 26% – от 20 до 40 лет (в сумме 78%), но среди умерших от ЗНО дыхательных путей в этих группах (до 40 лет) только 3% от всех случаев. Наибольшее количество случаев ЗНО дыхательных путей (962 случая – 93%) установлено среди лиц, которым на момент начала облучения было от 40 до 79 лет. В таблице 2 показано распределение смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы среди лиц УКАОН по полу и этнической принадлежности (на 10^5 человеко-лет).

Как видно из таблицы 2, стандартизованный по возрасту коэффициент смертности у мужчин в изучаемой когорте значительно выше, по сравнению с женщинами, различия статистически достоверные. В структуре смертности от злокачественных новообразований у мужского населения России в 2022 г. опухоли трахеи, бронхов, легких занимают первое место и составляют 25,0%, у женского населения – 7,3% [10].

В России в 2021 г. стандартизованный показатель смертности от рака трахеи, бронхов и легкого среди мужчин составил 35,0 на 100 тыс. населения, среди женщин – 5,3, гортани – 3,2 и 0,19 соответственно [10].

Стандартизованные показатели смертности от злокачественных новообразований органов дыхания выше в русской этнической группе, чем в татарской и башкирской, но различия статистически недостоверные (см. таб. 2).

На рисунке 1 показаны стандартизованные показатели смертности у мужчин и женщин на 100 тыс. населения от ЗНО органов дыхания в зависимости от периода наблюдения 1950–2020).

Как показано на рисунке 1, смертность от ЗНО органов дыхания у мужского населения УКАОН достоверно выше, по сравнению с женщинами, во все периоды наблюдения (что сопоставимо с мировыми и российскими данными) [5,6,8]. Смертность среди мужчин в выделенные периоды увеличивалась, начиная с 1956 г., кроме 1986–1995 гг. У женщин смертность в основном увеличивалась с течением времени после облучения, но она по периодам статистически достоверно не различалась.

На рисунке 2 показаны стандартизованные показатели смертности в разных этнических группах от ЗНО органов дыхания в зависимости от периода наблюдения за когортой УКАОН.

По этническим группам распределение по периодам наблюдения более равномерное (рис. 2). Стандартизованные показатели смертности от ЗНО органов дыхания выше в русской этнической группе: по сравнению с группой татар и башкир во все календарные периоды наблюдения, кроме последнего – с 2016 г. по 2020 г., когда смертность через 65–70 лет после облучения становится выше у татар и башкир. Статистически значимое превышение показателя смертности у славян (преимущественно русских) относительно татар и башкир наблюдается в 1976–1985 гг., 1986–1995 гг.

Смертность от заболеваний дыхательной системы во всем мире различается в зависимости от характера употребления табака. До начала промышленного производства сигарет в конце 19 века

Таблица 2. Распределение показателей смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы у членов УКАОН по полу и этнической принадлежности (на 105 человеко-лет)

Table 2. Distribution of mortality rates from malignant neoplasms of the respiratory system among the members of the SUPER by gender and ethnicity (per 105 person-years)

Параметры Parameteres	Мужчины Male	Женщины Female	Русские Russians	Татары и башкиры Tatars and Bashkirs
Случаи ЗНО Cases of malignant neoplasms	898	125	745	278
Человеко-годы Person-years	828 209	1 135 927	1 317 662	646 475
Стандартизованные коэффициенты смертности Standardized mortality rates	129,5	9,7	54,9	45,9
95% ДИ Confidence interval, 95%	121,2–138,3	8,0–11,6	50,9–59,1	40,6–51,7

Рисунок 1. Стандартизованные показатели смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы в зависимости от пола по периодам времени (1950–2020 гг.)

Figure 1. Standardized mortality rates from malignant neoplasms of the respiratory system depending on gender by time period (1950–2020)

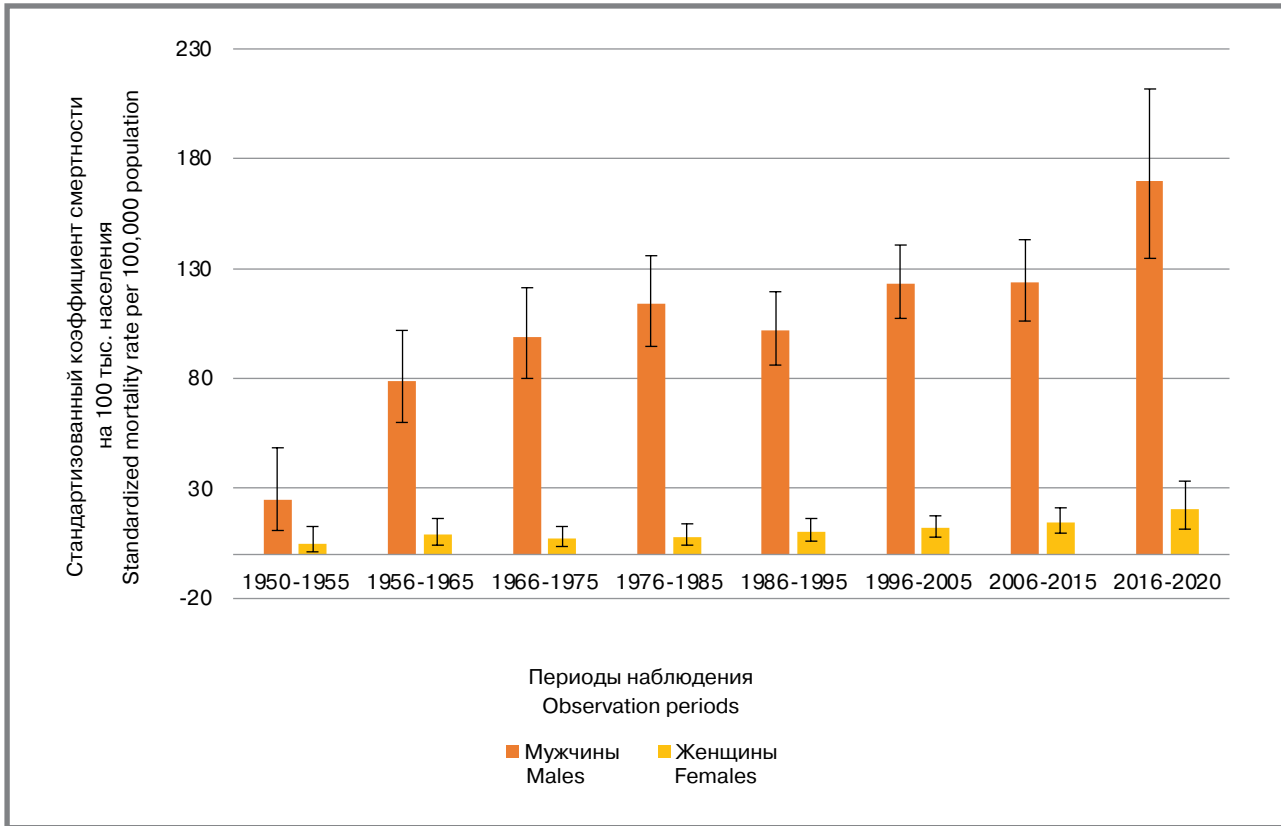


Рисунок 2. Стандартизованные показатели смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы в зависимости от этнической принадлежности по периодам времени (1950–2020)

Figure 2. Standardized mortality rates from malignant neoplasms of the respiratory system, depending on ethnicity by time period (1950–2020)

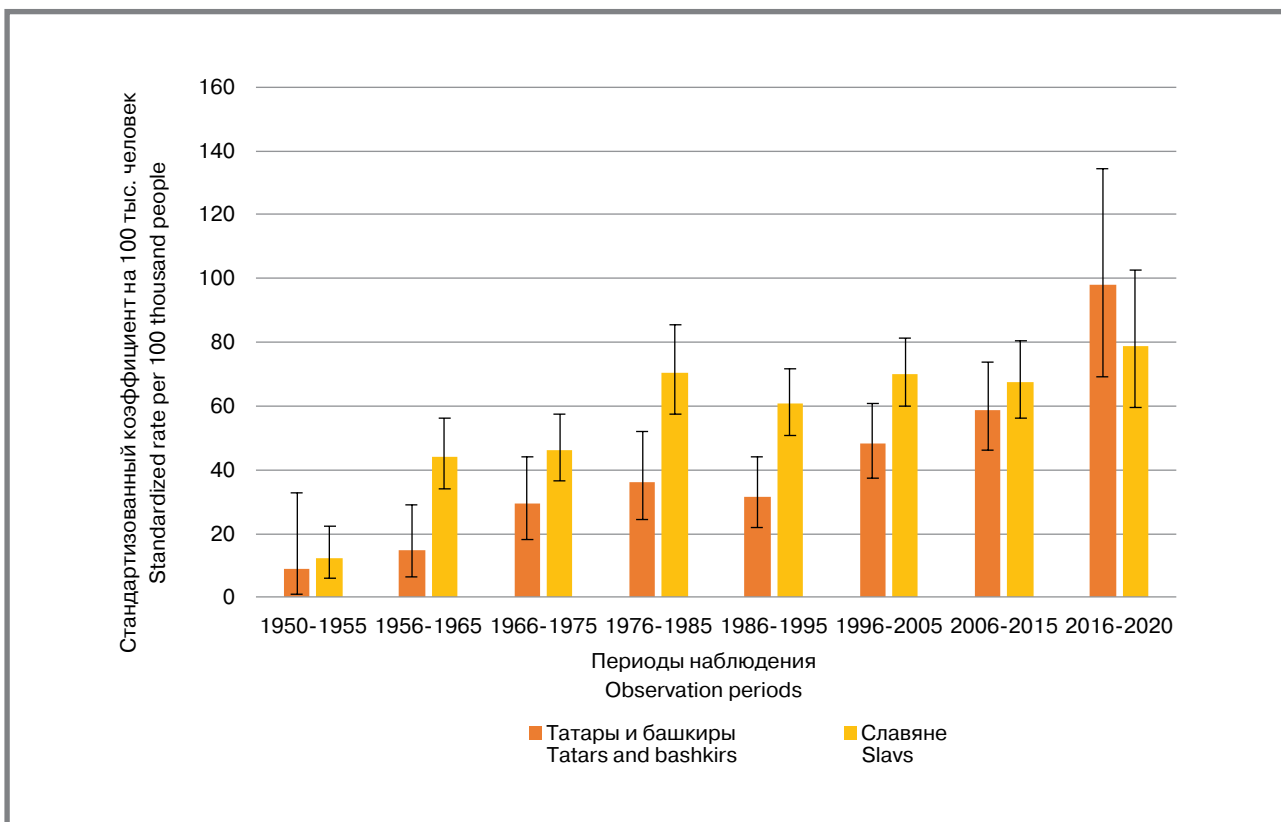


Таблица 3. Смертность от злокачественных новообразований дыхательной системы в УКАОН в зависимости от курения**Table 3. Mortality from malignant neoplasms of the respiratory system in the SUPER depending on smoking**

Показатели Parameteres	Стандартизованные коэффициенты смертности на 100 тыс. Standardized mortality rates per 100,000	95% ДИ 95% CI
Курит Smokes	207,8	183,9–234,0
Бросил курить Quit smoking	52,0	37,6–70,0
Не курит Does not smoke	10,0	7,4–13,2
Информации о курении нет There is no information about smoking	38,4	35,6–41,4

рак легких был редким заболеванием. Хотя вред от воздействия курения в разных странах проявляется по-разному (например, в Корее у курящих мужчин риск рака легких увеличивается в четыре раза, в Европе – в 23 раза [13]), курение является важным фактором риска развития рака легких. Распространение вейпинга, рост количества курящих женщин в современном мире также влияют на увеличение ЗНО дыхательной системы. По данным социологического опроса ВЦИОМ, в 2014 г. в России курили 35% опрошенных, среди мужчин – 51%, среди женщин – 19% [12]. В нашем исследовании все члены когорты были разделены по группам по принципу: курит, бросил курить, не курит, нет информации о курении.

В таблице 3 приведены данные о смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы в УКАОН в зависимости от курения.

В нашем исследовании смертность от злокачественных новообразований органов дыхания у курящих выше в двадцать раз, чем у тех, кто никогда не курил. Примерно в четыре раза смертность у курящих выше по сравнению с отказавшимися от вредной привычки. Более детальное изучение и сбор данных о курении (в настоящее время есть сведения о статусе курения только у 37% когорты) будут продолжены, а также планируется проведение анализа дозовой зависимости в плане ее влияния на смертность от ЗНО органов дыхания.

Заключение

По результатам проведенного исследования особенностей злокачественных новообразований дыхательной системы в Уральской когорте аварийно-облученного населения было установлено:

- показатели смертности от ЗНО органов дыхания у мужчин превышают таковые у женщин, что соответствует мировым и российским тенденциям;
- по периодам наблюдения смертность от ЗНО дыхательной системы имеет тенденцию к увеличению, более выражена динамика у мужчин, особенно в последний период наблюдения с 2016 по 2020 гг.;

- отмечается зависимость возраста начала облучения и увеличения возраста с ростом смертности от злокачественных новообразований органов дыхания;
- наблюдаются тенденции к более высоким показателям смертности в этнической группе русских по сравнению с этнической группой татар и башкир во все периоды наблюдения кроме последнего – 2016 г. по 2020 г., когда смертность через 65–70 лет после облучения становится выше у татар и башкир;
- риск смертности от онкологических заболеваний дыхательных путей в УКАОН достоверно выше у курящих (больше, чем в двадцать раз).

При сравнительном анализе данных смертности от злокачественных новообразований дыхательной системы в Уральской когорте аварийно-облученного населения и у населения России, а также с мировыми показателями, имеются общие тенденции. В структуре смертности мужского населения РФ и Челябинской области ЗНО легких, трахеи и бронхов (которые составляют большую часть ЗНО дыхательной системы) занимают лидирующую позицию. Заболеваемость ЗНО трахеи, бронхов, легких в Челябинской области выше среднероссийских [10,12].

В рассмотренные периоды времени смертность мужского населения от ЗНО легких в РФ имеет тенденцию к снижению: с 2006 по 2015 г. – с 51,8 до 43,4 (в Челябинской области снижение с 59,3 до 56,1) [12].

Смертность от ЗНО легких среди женщин, также, как и в анализируемой когорте, имеет тенденцию к росту: в РФ в 2006–2015 гг. – с 5,4 до 5,6, в Челябинской области – с 5,8 до 7,0 [12].

Изучение онкологической патологии дыхательных путей у населения, имеющего дополнительный фактор риска «радиационное воздействие» представляет, несомненно, научный и практический интерес. Результаты могут служить основанием для разработки дифференцированных программ профилактической помощи пострадавшему населению, направленных на совершенствование мероприятий по ранней диагностике злокачественных новообразований трахеи, бронхов, легких.

Литература

1. Медико-биологические и экологические последствия радиоактивного загрязнения реки Теча. Аклеев А. В., Киселев М. Ф., ред. М.: Медбиоэкстрем. 2001.
2. Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 года на ПО «Маяк». Аклеев А. В., Киселев М. Ф., ред. М.: ФУ «Медбиоэкстрем» при Минздраве РФ», 2001.
3. Последствия техногенного радиационного воздействия и проблемы реабилитации Уральского региона. Шойгу С. К., ред. М.: Комтехпринт, 2002.
4. Крестинина Л. Ю., Силкин С. С., Микрюкова Л. Д. и др. Риск заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями в Уральской когорте аварийно-облученного населения: 1956–2017. Радиационная гигиена. 2020. Т. 13 №3. С. 6–15.
5. Дыхательная система, рак, рак легких. Доступно на: https://disease.fandom.com/wiki/Lung_cancer. Ссылка активна на 8 сентября 2024 г.
6. Жуйкова Л. Д., Чойнзонов Е. Л., Ананина О. А. и др. Заболеваемость раком легкого в различных городах мира (обзор). Вопросы онкологии. 2020. Т.66, №3. С. 239–246.
7. Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений). Доступно на: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>. Ссылка активна на 8 сентября 2024 г.
8. Рак легкого. Доступно на: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lung-cancer>. Ссылка активна на 8 сентября 2024 г.
9. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра, онлайн версия. Доступно на: <https://mkb-10.com/>. Ссылка активна на 8 сентября 2024 г.
10. Каприн А. Д., Старинский В. В., Шахзадова А. О. ред. Злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022.
11. Preston D.L., Lubin J.H., Pierce D.A., et al. *Epicure Users Guide*. Seattle, Washington: Hirossoft International Corporation, 1993.
12. Аксенова И. А., Доможирова А. С., Новикова Т. С. Динамика показателей заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований легких населения Южного Урала - крупного промышленного региона. Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2017. Т.6, №3. С. 48–51.
13. Agudo A, Bonet C, Travier N, et al. Impact of Cigarette Smoking on Cancer Risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study. *Journal of Clinical Oncology*. 2012;30(36):4550–4557.

References

1. *Medical-biological impacts of radioactive contamination of the Techa River*. Moscow: Medbioextrem, Russian Ministry of Health; 2001 (In Russ).
2. *Ecological and health effects of the radiation accident of 1957 at the Mayak PA*. Ed.: Akleyev AV, Kiselev MF. Moscow: Medbioextrem, Russian Ministry of Health; 2001 (In Russ).
3. *Consequences of anthropogenic radiation exposure and rehabilitation problems of the Ural region*. Ed.: Shoygu SK. Moscow; 2002 (In Russ).
4. Krestinina LYu, Silkin SS, Mikryukova LD, et al. Solid cancer incidence risk in in the Ural cohort of the accidentally exposed population: 1956–2017. *Radiation Hygiene*. 2020;13(3):6–15 (In Russ). doi:10.21514/1998-426X-2020-13-3-6-17
5. Respiratory system, Cancer, Lung cancer. Available at: https://disease.fandom.com/wiki/Lung_cancer. Accessed: 8 Sep. 2024.
6. Zhiukova LD, Choyznzonov EL, Ananina OA, et al. Lung cancer incidence in various cities of the world (review). *Voprosy onkologii*. 2020;66(3):239–246 (in Russ). doi:10.37469/0507-3758-2020-66-3-239-246
7. Ambient (outdoor) air pollution. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Accessed: 8 Sep. 2024.
8. Lung cancer. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lung-cancer>. Accessed: 8 Sep. 2024.
9. *The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*. 10th revision (ICD-10). Available at: <https://mkb-10.com/>. Accessed: 8 Sep. 2024.
10. , *Malignant neoplasms in Russia in 2021 (morbidity and mortality)*. Ed.: Kaprin AD, Starinskij VV, Shahzadova AO. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution «NMIЦ of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2022 (In Russ).
11. Preston DL, Lubin JH, Pierce DA, et al. *Epicure Users Guide*. Seattle, Washington: Hirossoft International Corporation, 1993.
12. Akseanova IA, Domozhirova AS, Novikova TS. Trends in the incidence and mortality rates of malignant lung tumors in the population of the South Urals, a large industrial region. *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2017;6(3):48–51 (In Russ). doi:10.17116/onkolog20176348-51
13. Agudo A, Bonet C, Travier N, et al. Impact of Cigarette Smoking on Cancer Risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study. *Journal of Clinical Oncology*. 2012;30(36):4550–4557. doi: 10.1200/JCO.2011.41.0183

Об авторе

- Людмила Дмитриевна Микрюкова – к. м. н., ст. научн. сотр. эпидемиологической лаборатории, ФГБУН Уральский научно-практический Центр радиационной медицины ФМБА России, 454141, Челябинск, ул. Воровского, 68а. +7 (904) 305-08-63, mikludm@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-6269-5114>.

Поступила: 19.09.2024. Принята к печати: 26.11.2024.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Author

- **Lyudmila D. Mikryukova** – Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of Epidemiological Laboratory, Urals Research Center for Radiation Medicine FMBA of Russia, 68A Vorovsky street, Chelyabinsk, 454141, Russia. +7 (904) 305-08-63, mikludm@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-6269-5114>.

Received: 19.09.2024. Accepted: 26.11.2024.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.