



Михайлова Н.Н.¹, Кислицына В.В.¹, Баран О.И.¹, Гуляева О.Н.¹, Уланова Е.В.¹,
Чифранова М.В.², Долгих С.А.²

Рак молочной железы у женщин промышленного города: медико-демографические, гигиенические и генетические аспекты

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия;

²Новокузнецкий филиал ГБУЗ «Кузбасский клинический онкологический диспансер имени М.С. Раппопорта», 654041, Новокузнецк, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. У женщин Российской Федерации злокачественные новообразования молочной железы — ведущая онкологическая патология, которая относится к многофакторным и требует комплексного подхода к изучению.

Цель исследования — изучить особенности заболеваемости раком молочной железы и смертности от него у женщин промышленного города с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Материалы и методы. Изучение заболеваемости и смертности от рака молочной железы жительниц г. Новокузнецка Кемеровской области за 2014–2025 гг. основано на анализе материалов территориального «Канцер-регистра 6FB» по Кемеровской области, статистическая обработка выполнена с использованием пакета MS Excel. Оценка валовых выбросов в атмосферный воздух и среднегодовых концентраций канцерогенных загрязняющих веществ проведена по данным официальных докладов за период 2014–2024 гг. Предельно допустимые концентрации веществ оценивали по СанПиН 1.2.3685–21. Расчёт индивидуальных канцерогенных рисков для здоровья проведён в соответствии с Руководством Р 2.1.10.3968–23. Обследованы 159 женщин, из которых 104 имели диагноз «рак молочной железы», и 55 — без подозрения на данную патологию. Методом полимеразной цепной реакции у всех обследованных определены варианты гена CYP1A1*2A (rs4646903) I фазы системы биотрансформации ксенобиотиков.

Результаты. За последние 10 лет в Новокузнецке отмечается рост заболеваемости женщин раком молочной железы и смертности от него. За 2014–2025 гг. число женщин с впервые установленным диагнозом увеличилось на 23,4%, на 16% выросла доля раннего выявления болезни на I стадии. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск соответствовал допустимому (приемлемому) уровню в 2017, 2018, 2020 гг. и настораживающему уровню в остальные годы. Выявлена положительная связь между числом заболевших раком и общим объёмом валовых выбросов в атмосферу города ($r_s = 0,45$), среднегодовыми концентрациями формальдегида ($r_s = 0,19$) и бенз(а)пирена ($r_s = 0,07$). Слабая положительная связь обнаружена между числом умерших по причине рака молочной железы и среднегодовыми концентрациями бенз(а)пирена. Показана статистически достоверная связь генотипа AA ($\chi^2 = 4,04$; OR — 2,06) гена I фазы детоксикации CYP1A1*2A (rs4646903) с риском развития рака молочной железы.

Ограничения исследования определялись отсутствием данных по среднегодовым концентрациям углерода (сажи) с 2022 г. и необходимостью дальнейшего увеличения выборки для генетических исследований.

Заключение. Для снижения уровня заболеваемости раком молочной железы и смертности от него необходимы комплексные региональные научные подходы с применением эпидемиологических, медико-демографических, гигиенических, клинических, молекулярно-генетических исследований как основы интегрированной информации для разработки и внедрения программ ранней диагностики и профилактики злокачественных новообразований с фокусом на регионы экологического неблагополучия.

Ключевые слова: рак молочной железы; заболеваемость; смертность; загрязнение атмосферного воздуха; полиморфизм генов системы биотрансформации ксенобиотиков

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» (протокол заседания № 2 от 11 марта 2025 г., § 2), проведено согласно общепринятым научным принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.).

Для цитирования: Михайлова Н.Н., Кислицына В.В., Баран О.И., Гуляева О.Н., Уланова Е.В., Чифранова М.В., Долгих С.А. Рак молочной железы у женщин промышленного города: медико-демографические, гигиенические и генетические аспекты. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(7): 713–720. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-713-720> <https://elibrary.ru/jlqfaq>

Для корреспонденции: Кислицына Вера Викторовна, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Вклад авторов: Михайлова Н.Н. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Кислицына В.В. — сбор и обработка данных, написание текста; Баран О.И. — сбор и обработка данных, написание текста; Гуляева О.Н. — сбор и обработка данных, написание текста; Уланова Е.В. — обработка данных; Чифранова М.В. — сбор данных; Долгих С.А. — сбор данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 24.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 14.08.2026

Nadezhda N. Mikhailova¹, Vera V. Kislitsyna¹, Olga I. Baran¹, Olga N. Gulyaeva¹,
Evgeniya V. Ulanova¹, Maria V. Chifranova², Sergey A. Dolgikh²

Breast cancer in women of an industrial city: medico-demographic, hygienic and genetic aspects

¹Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation;

²Novokuznetsk Branch of the Kuzbass Clinical Oncological Dispensary named after M.S. Rappoport, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In women in the Russian Federation, malignant neoplasms of the breast are the leading oncological pathology, which is a multifactorial disease requiring a comprehensive approach to study.

The aim of the study was to study the features of breast cancer incidence and mortality due to it in women of an industrial city with high level of air pollution.

Materials and methods. The study of breast cancer incidence and mortality among female residents of Novokuznetsk for 2014–2025 was based on an analysis of materials from the territorial Cancer Registry 6FB for the Kemerovo region with statistical processing using the MS Excel package. Gross emissions into the atmosphere and average annual concentrations of carcinogenic pollutants were assessed on the base of official reports for the period 2014–2024. Maximum permissible concentrations of substances were assessed according to the Sanitary Rules and Norms 1.2.3685–21. There were examined one hundred fifty nine women, 104 of whom had been diagnosed with breast cancer and 55 had no suggestion for cancer of the breast. Using the polymerase chain reaction method, variants of the CYP1A1*2A (rs4646903) gene of the first phase of the xenobiotic biotransformation system were identified in all subjects examined.

Results. In Novokuznetsk, over the past 10 years, there was an increase in the incidence of breast cancer and mortality of it among women. Between 2014 and 2025, the number of women with firstly proven diagnosis increased by 23.4%, while the proportion of early detection of the disease at stage I raised by 16%. The total individual carcinogenic risk corresponded to the permissible (acceptable) level in 2017, 2018, and 2020, and to the alarming level in the remaining years. A positive correlation was found between the incidence of cancer and the total volume of gross emissions into the city's atmosphere ($r_s = 0.45$), as well as average annual concentrations of formaldehyde ($r_s = 0.19$), and benzopyrene ($r_s = 0.07$). A weak positive correlation was revealed between the number of deaths due to breast cancer and average annual concentrations of benzopyrene. A statistically reliable association was shown between the AA genotype ($\chi^2 = 4.04$; OR = 2.06) of the phase I detoxification gene – CYP1A1*2A (rs4646903) with the risk of breast cancer.

Limitations of the study were determined by the lack of data on average annual carbon (soot) concentrations since 2022 and the need to further increase the sample for genetic studies.

Conclusion. Reducing the incidence and mortality rates of breast cancer requires comprehensive regional scientific approaches, including epidemiological, medico-demographic, hygienic, clinical, and molecular-genetic studies as the basis for integrated information for the elaboration and implementation of early diagnosis and prevention programs for oncological diseases, with a focus on regions with environmental disadvantage.

Keywords: breast cancer; incidence; mortality; atmospheric air pollution; polymorphism of genes of the xenobiotic biotransformation system

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases” (Minutes of meeting No. 2, § 2 of March 11, 2025), and was conducted in accordance with the commonly accepted scientific principles of the Helsinki Declaration of the World Medical Association (2013 edition).

For citation: Mikhailova N.N., Kislitsyna V.V., Baran O.I., Gulyaeva O.N., Ulanova E.V., Chifranova M.V., Dolgikh S.A. Breast cancer in women of an industrial city: medico-demographic, hygienic and genetic aspects. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(7): 713–720. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-713-720> <https://elibrary.ru/qlqfaq> (In Russ.)

For correspondence: Vera V. Kislitsyna, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Contribution: Mikhailova N.N. – concept and design of the study, editing; Kislitsyna V.V. – collection and processing of material, writing the text; Baran O.I. – collection and processing of material, writing the text; Gulyaeva O.N. – collection and processing of material, writing the text; Ulanova E.V. – processing of material; Chifranova M.V. – collection of material; Dolgikh S.A. – collection of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 24, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: August 14, 2026

Введение

В настоящее время Российская Федерация (РФ) сталкивается с комплексом демографических вызовов, среди которых особую медико-социальную остроту приобретает проблема сохранения женского репродуктивного здоровья как важнейшей составляющей популяционного здоровья и качественной характеристики воспроизводства населения. Для количественного описания разных сторон репродуктивного здоровья используются показатели заболеваемости, возникшей в период беременности или в предшествующий период, злокачественными новообразованиями (ЗНО) женских половых органов; инфекциями, передаваемые половым путём; показатели распространённости абортот и контрацептивного поведения; бесплодия; материнской, перинатальной и младенческой смертности.

Высокий уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями женских половых органов наблюдается как в РФ в целом, так и в Сибирском федеральном округе (СФО), а также в отдельных его субъектах. Наиболее рас-

пространённой онкопатологией репродуктивной системы российских женщин является рак молочной железы (РМЖ), в настоящее время он составляет 22,4% от всех впервые выявленных ЗНО у женщин РФ и 24,9% в Кемеровской области. Заболеваемость РМЖ за последние 10 лет выросла более чем на четверть. Прирост показателя в Кемеровской области (37,5%) выше, чем в РФ и СФО в целом [1, 2]. В связи с неуклонным ростом заболеваемости необходимы разработка и внедрение более эффективных программ скрининга на основе комплексного изучения ведущих факторов риска развития РМЖ [3]. Смертность женщин по причине рака молочной железы находится на первом месте среди ЗНО, при этом ≈ 30% умерших от РМЖ – женщины трудоспособного возраста [4, 5].

Проблема высокой заболеваемости РМЖ особенно остро стоит в промышленных регионах с персистентным накоплением в окружающей среде ксенобиотиков, характеризующихся потенциальным мутагенным и канцерогенным воздействием на организм человека. Проблема актуальна и для Кузбасса, где исторически сложилась высокая кон-

центрация промышленных предприятий, прежде всего металлургической, угледобывающей и химической отраслей. Согласно комплексным оценкам экологической ёмкости и предельной нагрузки на природную среду, более 40% территории области относят к категории с кризисной экологической ситуацией [6]. Особенно неблагоприятная обстановка сложилась в Новокузнецке — крупном промышленном центре Кузбасса. По критериям Росгидромета уровень загрязнения атмосферы города оценивается как «очень высокий».

Этиологические факторы РМЖ стали более многочисленными из-за загрязнения окружающей среды [7, 8]. В ответ на меняющиеся экологические условия в процессе эволюции в организме человека сформировалась эндогенная система детоксикации — система биотрансформации ксенобиотиков (СБК), включающая в себя две функционально сопряжённые фазы, протекающие в печени и зависящие от активности изоформ ферментов биотрансформации, для которых определённый ксенобиотик является субстратом [9, 10]. Уровень концентрации ксенобиотиков в окружающей среде определяет степень напряжённости в организме человека системы детоксикации и её ферментативной метаболической активности, контролируемой полиморфными вариантами ряда генов СБК. Для данных генов обнаружены полиморфизмы, которые определяют активность кодируемых ими ферментов. На основании этого предполагается, что канцерогенный эффект ксено- и эндобиотиков зависит и от комбинации различной активности ферментов I и II фаз СБК. Генетически запрограммированная система биотрансформации делает уникальным каждого человека по его адаптационным способностям и устойчивости к повреждающим внешним факторам. Не случайно гены детоксикации ксенобиотиков часто называют генами «внешней среды». Изучение причинно-следственных связей между частотой РМЖ и загрязнением атмосферного воздуха в комплексе с изучением форм генов системы детоксикации является актуальной задачей для решения проблемы высокой заболеваемости болезнями репродуктивной системы женщин, проживающих в промышленном городе с высоким уровнем загрязнения.

Цель исследования — изучить особенности заболеваемости раком молочной железы и смертности от него у женщин промышленного города с высоким уровнем загрязнения.

Материалы и методы

Изучение заболеваемости РМЖ и смертности от него было основано на анализе материалов территориального «Канцер-регистра 6FВ» по Кемеровской области за период 2014–2025 гг. Статистическая обработка проводилась с использованием пакета MS Excel. Для определения связи заболеваемости РМЖ с загрязнением атмосферного воздуха рассчитывали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Коэффициент ранговой корреляции менее 0,3 считается признаком слабой тесноты связи; от 0,3 до 0,7 — умеренной; 0,7 и более — высокой тесноты связи. Отрицательное значение коэффициента указывает на наличие обратной монотонной связи между переменными.

Оценка валовых атмосферных выбросов и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в Новокузнецке проведена за период с 2014 по 2024 г. Использованы данные Кемеровского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». На территории города размещены восемь стационарных постов Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды. Анализ полученных проб осуществляет комплексная лаборатория Новокузнецкой гидрометеорологической обсерватории по основным загрязняющим веществам: оксидам азота, диоксиду серы, оксиду углерода, взвешенным веществам, бенз(а)пирену, углероду (саже), а также фтористому водороду, аммиаку, формальдегиду, фенолу,

сероводороду, цианистому водороду, металлам. С 2022 г. в Новокузнецке выполняются замеры концентраций загрязняющих веществ в непрерывном режиме. Определение общего объёма выбросов в атмосферу производится на основе анализа отчётов формы «2-ТП (воздух)», предоставляемых ≈ 60 промышленными предприятиями города.

Среднегодовые концентрации канцерогенных загрязняющих веществ взяты из ежегодных Докладов о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области — Кузбасса¹. Предельно допустимые концентрации (ПДК) канцерогенных загрязняющих веществ оценивались на основании СанПиН 1.2.3685–21², согласно которым среднегодовая ПДК бенз(а)пирена составляет 0,000001 мг/м³, формальдегида — 0,003 мг/м³, углерода (сажи) — 0,025 мг/м³. Расчёт индивидуальных канцерогенных рисков для здоровья населения проводился в соответствии с положениями Руководства Р 2.1.10.3968–23³. Канцерогенный риск рассматривался как вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека от воздействия веществ с доказанным канцерогенным эффектом. В данной работе риски для здоровья рассчитывались от влияния бенз(а)пирена, формальдегида, углерода (сажи), концентрации которых измеряются на стационарных постах наблюдения. Классификация уровней индивидуальных канцерогенных рисков также осуществлялась на основании Руководства Р 2.1.10.3968–23, согласно которому значения риска 10⁻⁶ и менее считаются минимальными; находящиеся в диапазоне 1,1 · 10⁻⁶ — 1 · 10⁻⁴ соответствуют допустимому (приемлемому) уровню; в диапазоне 1,1 · 10⁻⁴ — 1 · 10⁻³ — настораживающему уровню. Значения индивидуального канцерогенного риска, превышающие 1,1 · 10⁻³, соответствуют высокому уровню.

Изучение полиморфизма генов I фазы СБК проведено у 159 женщин, проживающих в разных районах Новокузнецка; 104 из них имели диагноз «рак молочной железы», у 55 по результатам маммографии подозрения на эту патологию не обнаружено. Геномную ДНК выделяли с помощью метода фенол-хлороформной экстракции из лейкоцитов периферической крови [11]. Типирование генов проводили методом Real Time на приборе DTrprime 4 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия). Тест-системы для молекулярно-генетического анализа полиморфизма *CYP1A1*2A* (rs4646903) разработаны ИХБФМ СО РАН и синтетизированы ООО «СибДНК», Россия. Сравнение частот встречаемости генотипов с целью выявления ассоциации с риском развития рака молочной железы проводили с использованием критерия χ^2 , который показывает наличие или отсутствие статистически значимых различий между фактическими данными в выборке и теоретическими результатами. Расчёт OR позволяет оценить связь между фактором риска и вероятностью наступления исхода, которые предположил исследователь [12]. Тест на соответствие распределения генотипов равновесию Харди — Вайнберга проводили с использованием точного критерия [13].

Результаты

В Новокузнецке за период с 2014 по 2025 г. у 3651 женщины выявлен рак молочной железы. В динамике наблюдался рост заболеваемости с 279 случаев в 2014 г. до 344 в 2025 г. (увеличение составило 23,3%) (рис. 1). Средний возраст заболевших составлял 62,1 года.

¹ Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса. Доступно: <https://kuzbasseco.ru/doklady/o-sostoyanii-okruzhayushhej-sredy-keмеровской-oblasti/>

² Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685–21. Введён 01.03.2021 г.

³ Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания: Р 2.1.10.3968–23. М.: Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения; 2023.

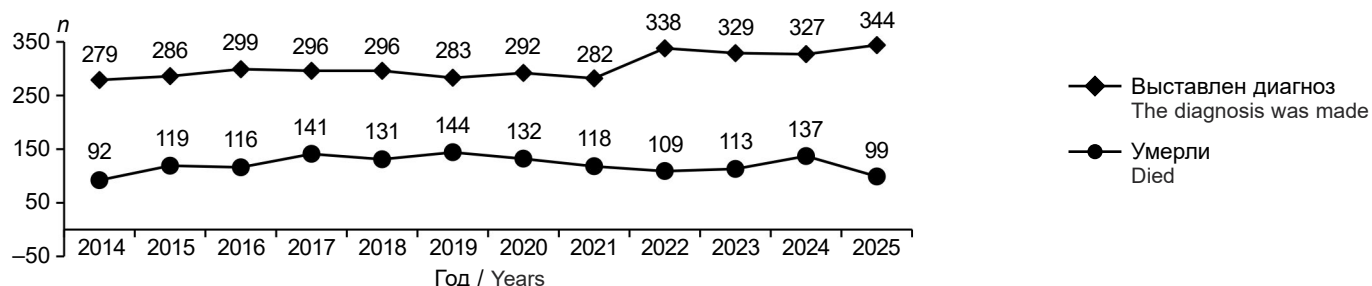


Рис. 1. Число женщин (n) Новокузнецка, которым установлен диагноз рака молочной железы и умерших от него, 2014–2025 гг.

Fig. 1. Number of women (n) in Novokuznetsk diagnosed with breast cancer and died from it, 2014–2025.

Таблица 1 / Table 1

Структура выявленных случаев рака молочной железы у женщин Новокузнецка в зависимости от стадии болезни, 2014 и 2025 гг., %

The structure of revealed cases of breast cancer in women in Novokuznetsk depending on the stage of the disease, 2014 and 2025, %

Год Year	Стадия болезни Stage of the disease				
	I	II	III	IV	не установлена not identified
2014	22.94	45.52	21.15	10.04	0.36
2025	38.95	41.57	10.17	9.30	0.00

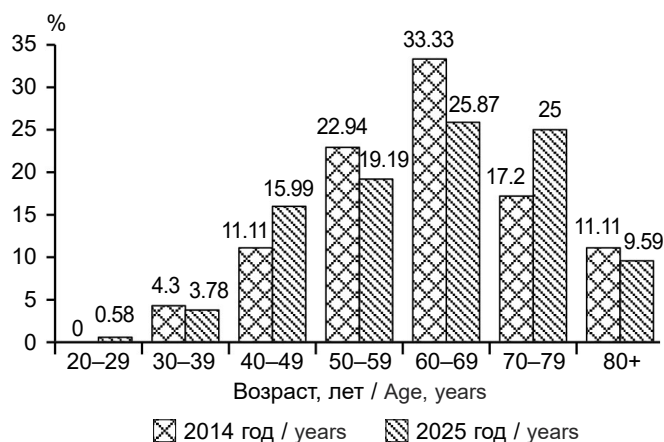


Рис. 2. Возрастная структура женщин Новокузнецка с выявленным в 2014 и 2025 гг. раком молочной железы, %.

Fig. 2. Age structure of women in Novokuznetsk with breast cancer diagnosed in 2014 and 2025, %.

Таблица 2 / Table 2

Летальность женщин Новокузнецка от рака молочной железы в 2014 и 2025 гг., %

Lethality rate due to breast cancer in Novokuznetsk women in 2014 and 2025, %

Год Year	Летальность после установления диагноза Lethality after diagnosis		
	На первом году Over the first-year	От 1 года до 5 лет From 1 year to 5 years	Через 5 лет и более In 5 years or later
2014	29.35	50.00	20.65
2025	25.25	26.26	48.49

За рассматриваемый период в структуре заболеваемости РМЖ доля случаев болезни, выявленной на I стадии, увеличилась на 16,01% (с 22,94 до 38,95%), сократилась — на II стадии (на 3,95%), а также III и IV стадиях — на 9,98 и 0,74% соответственно (табл. 1).

Изменилась и возрастная структура заболевших. В 2025 г. по сравнению с 2014 г. увеличилась доля женщин с впервые выявленным РМЖ в возрасте 40–49 лет (с 11,11 до 15,99%), а также в возрасте 70–79 лет (с 17,2 до 25%) и сократилась в возрасте 30–39 лет (с 4,3 до 3,78%), 50–59 лет (с 22,94 до 19,19%), 80 лет и старше (с 11,11 до 9,59%) (рис. 2). За это же время от РМЖ умерла 1451 жительница Новокузнецка. Динамика смертности носит неопределённый характер. Число умерших увеличивалось ежегодно вплоть до 2019 г., а до 2022 г. сокращалось на фоне пандемии коронавируса при росте смертности онкобольных от других причин, в 2023 и 2024 гг. — росло, а в 2025 г. сократилось практически до уровня 2014 г. (см. рис. 1). Средний возраст умерших — 68 лет. За период 2014–2025 гг. сократилась доля умерших в течение первого после установления диагноза года (на 4,1%) и в период от одного года до пяти лет (на 23,74%). Доля умерших через пять лет и более выросла с 20,65 до 48,49%, то есть более чем в 2,3 раза (табл. 2).

В возрастной структуре умерших от РМЖ произошли следующие изменения: доля умерших в возрасте 50–59 лет уменьшилась (на 9,62%), но выросла в возрасте 40–49 лет (на 1,79%), 70–79 лет (3,83%), 80 лет и старше (4,05%) (рис. 3).

Таким образом, в Новокузнецке за последние 10 лет отмечается рост заболеваемости женщин раком молочной железы и смертности от него. За 2014–2025 гг. число женщин с впервые установленным диагнозом РМЖ увеличилось на 23,4%. При этом выявление патологии стало более ранним — выросла доля I стадии при сокращении долей II, III и IV стадий. В возрастной структуре произошёл сдвиг в более старшие возраста. Среди умерших в 2,3 раза увеличилась доля женщин, проживших пять лет и более после установления диагноза.

Для определения вероятной связи заболеваемости РМЖ с загрязнением атмосферного воздуха проведена оценка валовых выбросов в атмосферный воздух Новокузнецкого городского округа и среднегодовых концентраций канцерогенных загрязняющих веществ за период 2014–2024 гг.

На рис. 4 приведены данные о валовых выбросах в атмосферу Новокузнецка с 2014 по 2024 г. Объём валовых выбросов в атмосферу в 2014–2016 гг. значительно не изменялся, с 2017 по 2024 г. общий объём выбросов снизился с 313,33 до 256,683 тыс. тонн. Снижение составило 56,647 тыс. тонн (18%), что обусловлено реализацией атмосфероохранных мероприятий в рамках федерального проекта «Чистый воздух», участником которого является Новокузнецк.

В табл. 3 представлены среднегодовые концентрации канцерогенных загрязняющих веществ, выраженные в мг/м³ и долях ПДК.

Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена превышали установленную ПДК в 3,5–11,2 раза за весь изучаемый период, наибольшее превышение ПДК (в 11,2 раза) наблю-

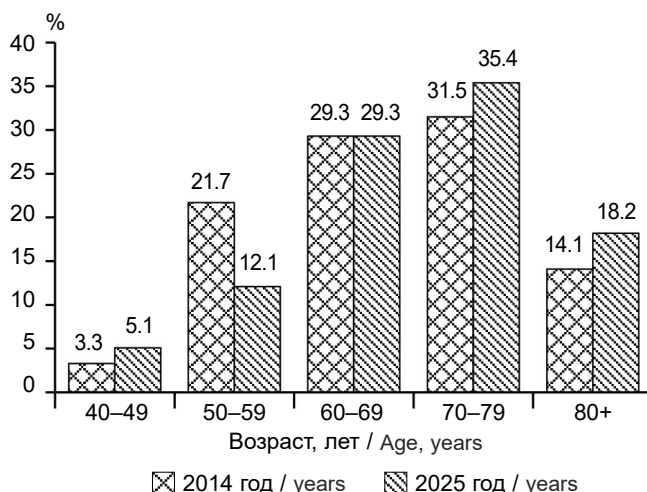


Рис. 3. Возрастная структура умерших от злокачественных новообразований молочной железы женщин Новокузнецка, 2014–2025 гг., %.

Fig. 3. Age structure of women died from malignant breast neoplasms in Novokuznetsk, 2014–2025, %.

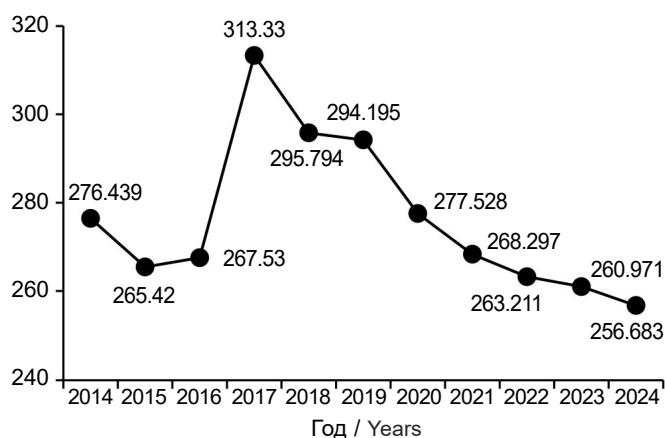


Рис. 4. Валовые выбросы в атмосферу Новокузнецкого городского округа в 2014–2024 гг., тыс. тонн.

Fig. 4. Gross emissions (thousand tons) into the atmosphere of the Novokuznetsk urban district in 2014–2024.

далось в 2022 г. Среднегодовые концентрации формальдегида были выше соответствующей ПДК в 2021–2024 гг. (в 1,7–3,95 раза), в предыдущие годы превышения ПДК не выявлялись. Среднегодовые концентрации углерода (сажи) были ниже ПДК в 2014–2021 гг., с 2022 г. измерения концентраций этого вещества в городе не проводятся.

В табл. 4 приведены рассчитанные значения индивидуального канцерогенного риска для здоровья жителей Новокузнецка, а также удельный вес канцерогенных загрязняющих веществ в суммарном индивидуальном канцерогенном риске.

Полученные значения индивидуального канцерогенного риска для здоровья жителей Новокузнецка от воздействия бенз(а)пирена соответствовали допустимому (приемлемому) уровню в 2014–2024 гг. Индивидуальный канцерогенный риск от воздействия формальдегида в 2014–2021 гг. находился на допустимом (приемлемом) уровне, в 2022–2024 гг. соответствовал настораживающему уровню, составляя $1,26 \cdot 10^{-4}$ – $1,51 \cdot 10^{-4}$. Риск, определяемый влиянием углерода (сажи), был настораживающим в 2016 г. ($1,06 \cdot 10^{-4}$) и допустимым (приемлемым) в остальные годы. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск соответствовал

Таблица 3 / Table 3

Среднегодовые концентрации канцерогенных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Новокузнецка, выраженные в мг/м³/доли ПДК

Average annual concentrations of carcinogenic pollutants in the atmospheric air of Novokuznetsk, expressed in mg/m³/share of MPC_{a.a.}

Год Year	Загрязняющее вещество Pollutant		
	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	Формальдегид Formaldehyde	Углерод (сажа) Carbon (soot)
2014	0.0000057/5.7	0.0018/0.6	0.0075/0.3
2015	0.0000046/4.6	0.0021/0.7	0.0075/0.3
2016	0.0000069/6.9	0.0015/0.5	0.0125/0.5
2017	0.000006/6.0	0.0015/0.5	0.0025/0.1
2018	0.0000068/6.8	0.0018/0.6	0.0025/0.1
2019	0.0000058/5.8	0.0021/0.7	0.0025/0.1
2020	0.0000035/3.5	0.0015/0.5	0.0025/0.1
2021	0.0000071/7.1	0.0051/1.7	0.0175/0.7
2022	0.0000112/11.2	0.0102/3.4	—
2023	0.0000062/6.2	0.0117/3.9	—
2024	0.0000063/6.3	0.01185/3.95	—

допустимому (приемлемому) уровню в 2017, 2018, 2020 гг. и настораживающему уровню — в остальные годы.

Наибольший удельный вес в суммарном индивидуальном канцерогенном риске в 2014, 2015, 2017–2020 гг. имел формальдегид (52–76,3%). В 2016 и 2021 гг. наибольший вклад вносил углерод (сажа) — 51,3–60,1%. В 2022–2024 гг. вклад формальдегида в суммарный индивидуальный канцерогенный риск составлял 91,3–95,8%, так как измерения концентраций углерода (сажи) прекратились.

Для статистического изучения связи числа заболевших раком молочной железы и умерших от него женщин Новокузнецка с загрязнением атмосферного воздуха был рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена (табл. 5).

Умеренной положительной оказалась связь между числом умерших и валовыми выбросами в атмосферу ($r_s = 0,45$). Слабая положительная связь была установлена между числом заболевших, среднегодовыми концентрациями формальдегида ($r_s = 0,19$) и бенз(а)пирена ($r_s = 0,07$). Между числом умерших и среднегодовыми концентрациями бенз(а)пирена также выявлена слабая положительная связь. Обратная статистическая связь выявлена между числом заболевших и валовыми выбросами ($r_s = -0,5$), а также среднегодовыми концентрациями углерода (сажи) с числом заболевших ($r_s = -0,17$) и числом умерших ($r_s = -0,68$).

Функцию детоксикации и выведения из организма вышеописанных поллютантов выполняет система биотрансформации ксенобиотиков, активность которой генетически детерминирована и определяет время нахождения токсических метаболитов в организме, следовательно, вносит вклад в формирование риска. Результаты генетических исследований представлены в табл. 6.

Анализ полученных результатов показывает статистически достоверную связь генотипа AA ($\chi^2 = 4,04$; OR — 2,06) гена I фазы СБК *CYP1A1*2A* (rs4646903) с риском развития рака молочной железы.

Таблица 4 / Table 4

Индивидуальный канцерогенный риск для здоровья жителей Новокузнецка и удельный вес канцерогенных загрязняющих веществ в суммарном индивидуальном канцерогенном риске, доля единицы/%

Individual carcinogenic risk to health in residents in Novokuznetsk and the specific gravity of carcinogenic pollutants in the total individual carcinogenic risk, unit fraction/%

Год Year	Индивидуальный канцерогенный риск, доля единицы / Удельный вес, % Individual carcinogenic risk, unit fraction / Specific gravity, %			
	Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	Формальдегид Formaldehyde	Углерод (сажа) Carbon (soot)	Суммарно Total
2014	$6.10 \cdot 10^{-6} / 4.2$	$7.57 \cdot 10^{-5} / 52.0$	$6.38 \cdot 10^{-5} / 43.8$	$1.46 \cdot 10^{-4} / 100$
2015	$4.92 \cdot 10^{-6} / 3.1$	$8.83 \cdot 10^{-5} / 56.3$	$6.38 \cdot 10^{-5} / 40.6$	$1.57 \cdot 10^{-4} / 100$
2016	$7.38 \cdot 10^{-6} / 4.2$	$6.31 \cdot 10^{-5} / 35.7$	$1.06 \cdot 10^{-4} / 60.1$	$1.77 \cdot 10^{-4} / 100$
2017	$6.42 \cdot 10^{-6} / 7.1$	$6.31 \cdot 10^{-5} / 69.5$	$2.13 \cdot 10^{-5} / 23.4$	$9.08 \cdot 10^{-5} / 100$
2018	$7.27 \cdot 10^{-6} / 7.0$	$7.57 \cdot 10^{-5} / 72.6$	$2.13 \cdot 10^{-5} / 20.4$	$1.04 \cdot 10^{-4} / 100$
2019	$6.20 \cdot 10^{-6} / 5.4$	$8.83 \cdot 10^{-5} / 76.3$	$2.13 \cdot 10^{-5} / 18.3$	$1.16 \cdot 10^{-4} / 100$
2020	$3.74 \cdot 10^{-6} / 4.3$	$6.31 \cdot 10^{-5} / 71.6$	$2.13 \cdot 10^{-5} / 24.1$	$8.81 \cdot 10^{-5} / 100$
2021	$7.59 \cdot 10^{-6} / 5.2$	$6.31 \cdot 10^{-5} / 43.5$	$7.44 \cdot 10^{-5} / 51.3$	$1.45 \cdot 10^{-4} / 100$
2022	$1.20 \cdot 10^{-5} / 8.7$	$1.26 \cdot 10^{-4} / 91.3$	—	$1,38 \cdot 10^{-4} / 100$
2023	$6.63 \cdot 10^{-6} / 4.2$	$1.51 \cdot 10^{-4} / 95.8$	—	$1.58 \cdot 10^{-4} / 100$
2024	$6.74 \cdot 10^{-6} / 4.3$	$1,51 \cdot 10^{-4} / 95.7$	—	$1.58 \cdot 10^{-4} / 100$

Таблица 5 / Table 5

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между числом заболевших раком молочной железы женщин Новокузнецка и умерших от него с загрязнением атмосферного воздуха

Spearman's rank correlation coefficients between the number of women suffered from breast cancer and died from it, with exposure to air pollution in Novokuznetsk

Показатель загрязнения атмосферного воздуха Air pollution parameter	Годы сравнения Years of comparison	Число заболевших Number of women with breast cancer	Число умерших Number of deaths
Валовые выбросы Gross emissions	2014–2024	–0.50	0.45
Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена Average annual concentrations of benzo(a)pyrene	2014–2024	0.07	0.07
Среднегодовые концентрации формальдегида Average annual concentrations of formaldehyde	2014–2024	0.19	–0.19
Среднегодовые концентрации углерода (сажи) Average annual concentrations of carbon (soot)	2014–2021	–0.17	–0.68

Таблица 6 / Table 6

Полиморфизмы гена *CYP1A1* первой фазы системы биотрансформации ксенобиотиков, ассоциированные с высоким риском развития рака молочной железы

Polymorphisms of the *CYP1A1* gene of the first phase of the xenobiotic biotransformation system associated with a high risk of breast cancer

Группа Group	<i>CYP1A1</i> *2A (rs4646903)		
	AA	AG	GG
Женщины с раком молочной железы Women with breast cancer <i>n</i> = 104	80	23	1
Контроль Control <i>n</i> = 55	34	19	2
χ^2	4.04	2.86	1.39
OR	2.06	0.54	0.26

Примечание. χ^2 и OR – критерии различий распределений генотипов в контроле и у женщин с раком молочной железы.
Note: χ^2 and OR – criteria for the differences in genotype distributions in control and in women with breast cancer.

Обсуждение

Рак молочной железы является наиболее распространённым злокачественным новообразованием у женщин и вторым по частоте встречаемости среди впервые выявленных видов рака в мире. С высокой заболеваемостью женщин РМЖ связаны значительные социально-экономические потери общества, смертность от него оказывает существенное влияние на величину ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) женщин. Так, исключение смертности от РМЖ способствовало бы увеличению ОПЖ женщин Кемеровской области на 0,31 года [14]. В Новокузнецке за последние 10 лет отмечается рост заболеваемости женщин раком молочной железы и смертности от него. За 2014–2025 гг. число женщин с впервые установленным диагнозом РМЖ увеличилось на 23,4%. При этом на 16% выросла доля раннего выявления болезни на I стадии.

Существует комплекс факторов риска развития злокачественных новообразований. Часть из них – немодифицируемые (возраст, пол, наследственно-генетическая предрасположенность). Модифицируемыми являются поведенческие факторы – курение, чрезмерное потребление алкоголя, избыточная масса тела, низкая физическая активность, а также факторы окружающей среды. Многие

исследователи показали влияние техногенных атмосферных выбросов на развитие злокачественных новообразований [7, 8, 15]. Новокузнецк – город с критически высоким уровнем загрязнения атмосферы ксенобиотиками (среднегодовые концентрации хотя бы одного загрязнителя превышают 5 ПДК) [16]. Несмотря на снижение общего объёма валовых выбросов в атмосферу города в 2017–2024 гг. на 56,647 тыс. тонн (или 18%), выявлена положительная корреляция этого показателя с числом умерших женщин от РМЖ ($r_s = 0,45$).

Основными канцерогенными веществами в атмосферном воздухе Новокузнецка являются формальдегид, углерод (сажа) и бенз(а)пирен, определявшие допустимые (приемлемые) уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска в 2017, 2018, 2020 гг. истораживающие уровни – в остальные годы [17]. Высокая канцерогенная активность и токсичность указанных поллютантов отмечены многими исследователями [18–25]. В настоящей работе выявлена положительная связь между числом заболевших РМЖ и среднегодовыми концентрациями формальдегида ($r_s = 0,19$) и бенз(а)пирена ($r_s = 0,07$). Между числом умерших по причине РМЖ и среднегодовыми концентрациями бенз(а)пирена также выявлена слабая положительная связь.

Результаты ранговой корреляции подтверждают связь заболеваемости женщин Новокузнецка раком молочной железы и смертности от него с загрязнением атмосферного воздуха. Отрицательные коэффициенты свидетельствуют о безусловном наличии комплекса других факторов риска, прежде всего генетических, которые определяют локализацию новообразования и динамику показателей в популяции онкологически уязвимых групп населения [26]. Наши ре-

зультаты показали статистически достоверную связь гено-типа AA ($\chi^2 = 4,04$; OR – 2,06) гена I фазы СБК *CYP1A1*2A* (rs4646903) с риском развития рака молочной железы. В условиях сочетания превышений ПДК бенз(а)пирена и формальдегида с высокой активностью работы ферментов I фазы детоксикации происходит накопление промежуточных метаболитов в организме, которые значительно токсичнее и обладают более сильным канцерогенным действием, чем исходно попадающие в организм указанные ксенобиотики. Основную роль в этом процессе играют ферменты системы цитохрома P450, особенно изоформа *CYP1A1*. Ген *CYP1A1* находится на 15-й хромосоме на участке q22–q24. Замена изолейцина на валин в результате мутации в *CYP1A1*2A* увеличивает активность кодируемого фермента в два раза. Его роль в канцерогенезе, особенно эстроген-зависимых форм онкопатологий женской репродуктивной системы, определяется субстратспецифичностью к эстрадиолу, участием в регуляции клеточного цикла и гомеостаза через ари-луглеводородный рецептор [27–30].

Заключение

Для снижения уровня заболеваемости раком молочной железы и смертности от него необходимы комплексные региональные научные подходы с применением эпидемиологических, медико-демографических, гигиенических, клинических, молекулярно-генетических исследований как основы интегрированной информации для разработки и внедрения программ ранней диагностики и профилактики злокачественных новообразований с фокусом на регионы экологического неблагополучия.

Литература

(п.п. 7–11, 27–30 см. References)

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. *Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность)*. М.: 2017. <https://elibrary.ru/yjzjddz>
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., Золотарёв Н.Ю. *Злокачественные новообразования в России в 2024 году (заболеваемость)*. М.: 2025. Доступно: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2025/10/zis_2024_elektronnaya-versiya_itog.pdf
- Эрдынеева Э.Б., Борхонова И.В., Дулмажапова С.Ж., Баргеева Э.А., Балданова И.Р. Иммуногистохимическое исследование рака молочной железы. *Вестник Бурятского государственного университета. Медицина и фармация*. 2022; (2): 14–8. <https://doi.org/10.18101/2306-1995-2022-2-14-18> <https://elibrary.ru/jpznw>
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. *Злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность)*. М.: 2022. Доступно: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/11/zlokachestvennye-novoobrazovaniya-v-rossii-v-2021-g_zabolevaemost-i-smertnost.pdf
- Павлова Н.В., Дёмин С.С., Чурносоев М.И., Пономаренко И.В. Современное представление о факторах риска и механизмах развития рака молочной железы. *Успехи молекулярной онкологии*. 2023; 10(3): 15–23. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2023-10-3-15-23> <https://elibrary.ru/ojwkh>
- Литвиненко В.С., Пашкевич Н.В., Шувалов Ю.В. Экологическая ёмкость природной среды Кемеровской области. Перспективы развития промышленности. *ЭКО-бюллетень ИнЭКА*. 2008; (3): 28–34. <https://elibrary.ru/qxtdbc>
- Спицын В.А. *Биохимический полиморфизм человека (антропологические аспекты)*. М.: МГУ; 1985.
- Артамонова В.Г. Актуальные проблемы промышленной экологии и профилактики профессиональных заболеваний. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 1998; 53(1): 38–42.
- Баран О.И., Коротенко О.Ю., Герус А.Ю. Смертность от злокачественных новообразований в Кемеровской области – Кузбассе и ее влияние на ожидаемую продолжительность жизни населения. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2025; 33(9): 15–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-9-15-24> <https://elibrary.ru/dqprua>
- Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куропат С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw>
- Железнов Я.А. Зонирование территории Кемеровской области по уровню техногенной нагрузки с учётом экологического фактора. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*. 2021; 35: 19–32. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.19> <https://elibrary.ru/lrwbzo>
- Кислицына В.В., Ликонцева Ю.С., Суржиков Д.В., Голиков Р.А. Сравнительная оценка риска нарушения здоровья населения двух промышленных центров Кузбасса от воздействия атмосферных загрязнений. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(7): 468–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-468-473> <https://elibrary.ru/kxbtoy>
- Радионова Е.А., Слесаренко Е.В. Оценка экологической безопасности промышленных регионов (на примере Кемеровской области). *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2019; 15(3): 575–92. <https://doi.org/10.24891/ni.15.3.575> <https://elibrary.ru/yzinud>
- Кхан Р.Б. Проблемы репродуктивного здоровья населения в условиях антропогенного загрязнения (обзор литературы). *Оренбургский медицинский вестник*. 2018; 6(3): 4–11. <https://elibrary.ru/vbmpr>
- Седых В.А., Куропат С.А., Меджиян Э.С., Хлюпин Г.Ю. Формальдегидное загрязнение воздушной среды и оценка канцерогенного риска для здоровья населения города Липецка. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2021; 15(3): 100–8. <https://elibrary.ru/salvrg>
- Алёшина Н.Ю. К вопросу заболеваемости по классу новообразований в промышленно развитом регионе. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 540–1. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-540-541> <https://elibrary.ru/xhjsnk>
- Куляс В.М. Гигиеническая оценка неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения промышленного центра от аэрогенных поллютантов. *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2021; 30(1): 55–60. <https://elibrary.ru/jcjaxf>
- Клепиков О.В., Стёпкин Ю.И., Куропат С.А., Епринцев С.А. Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья. *Санитарный врач*. 2020; (11): 19–28. <https://doi.org/10.33920/med-08-2011-02> <https://elibrary.ru/yroaoy>
- Прилипо Н.С., Турбинский В.В., Рапута В.Ф., Бортникова С.Б. Оценка канцерогенной опасности чёрного углерода (сажи) и сопутствующих полиаренов промышленных выбросов в атмосферный воздух населённых мест. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; (2): 84–102. <https://elibrary.ru/wollcx>
- Бармин П.А., Кленин И.С., Азаров В.Н. Загрязнение воздушной среды населённых пунктов мелкодисперсной пылью от факельных выбросов. *Социология города*. 2021; (2): 42–51. <https://elibrary.ru/vfceu>
- Обеснюк В.Ф. Возрастная динамика интенсивности онкологической заболеваемости указывает на существование уязвимых подгрупп. *Анализ риска здоровью*. 2023; (3): 29–38. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.03> <https://elibrary.ru/loartz>

References

- Kaprin A.D., Starinskii V.V., Petrova G.V. *Malignant Neoplasms in Russia in 2015 (Morbidity and Mortality) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2015 godu (zabolevaemost' i smernost')]*. Moscow; 2017. <https://elibrary.ru/yjzddz> (in Russian)
- Kaprin A.D., Starinskii V.V., Shakhzadova A.O., Zolotarev N.Yu. *Malignant Neoplasms in Russia in 2024 (Morbidity) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2024 godu (zabolevaemost')]*. Moscow; 2025. Available at: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2025/10/zis_2024_elektronnaya-versiya_itog.pdf (in Russian)
- Erdynееva E.B., Dulmagapova S.Zh., Borkhonova I.V., Bargeeva E.A., Baldanova I.R. Immunohistochemical study breast cancer. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Meditsina i farmatsiya*. 2022; (2): 14–8. <https://doi.org/10.18101/2306-1995-2022-2-14-18> <https://elibrary.ru/jpzgnw> (in Russian)
- Kaprin A.D., Starinskii V.V., Shakhzadova A.O. *Malignant Neoplasms Identified in Russia in 2021 (Morbidity and Mortality) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2021 godu (zabolevaemost' i smernost')]*. Moscow; 2022. Available at: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/11/zlokachestvennye-novoobrazovaniya-v-rossii-v-2021-g_zabolevaemost-i-smernost.pdf (in Russian)
- Pavlova N.P., Dyomin S.S., Churnosov M.I., Ponomarenko I.V. Modern understanding of risk factors and mechanisms of breast cancer development. *Uspekhi molekulyarnoi onkologii*. 2023; 10(3): 15–23. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2023-10-3-15-23> <https://elibrary.ru/oiwkh> (in Russian)
- Litvinenko V.S., Pashkevich N.V., Shuvalov Yu.V. Ecological capacity of the natural environment of the Kemerovo region. Prospects for industrial development. *EKO-byulleten' InEka*. 2008; (3): 28–34. <https://elibrary.ru/qxtdbc> (in Russian)
- Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Front. Public Health*. 2020; 8: 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014> <https://elibrary.ru/kkwpfc>
- Silva D.B.D., Pianovski M.A.D., Carvalho Filho N.P. Environmental pollution and cancer. *J. Pediatr. (Rio J.)*. 2025; 101(Suppl. 1): S18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.09.004> <https://elibrary.ru/ontnnc>
- Guengerich F.P. Common and uncommon cytochrome P450 reactions related to metabolism and chemical toxicity. *Chem. Res. Toxicol.* 2002; 14(6): 611–50. <https://doi.org/10.1021/tx0002583>
- Schlichting I., Berendzen J., Chu K., Stock A.M., Maves S.A., Benson D.E., et al. The catalytic pathway of cytochrome p450cam at atomic resolution. *Science*. 2000; 287(5458): 1615–22. <https://doi.org/10.1126/science.287.5458.1615> <https://elibrary.ru/dfcbmv>
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press; 1989.
- Spitsyn V.A. *Human Biochemical Polymorphism (Anthropological Aspects) [Biokhimicheskiy polimorfizm cheloveka (antropologicheskie aspekty)]*. Moscow: Moscow State University; 1985. (in Russian)
- Artamonova V.G. Current issues of industrial ecology and prevention of occupational diseases. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 1998; 53(1): 38–42. (in Russian)
- Baran O.I., Korotenko O.Yu., Gerus A.Yu. Cancer mortality in the Kemerovo region – Kuzbass and its impact on life expectancy of the population. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2025; 33(9): 15–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-9-15-24> <https://elibrary.ru/dqprua> (in Russian)
- Rakitskii V.N., Stepkin Yu.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw> (in Russian)
- Zheleznov Ya.A. Zoning of the Kemerovo oblast based on the level of technogenic load and environmental factor. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*. 2021; 35: 19–32. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.19> <https://elibrary.ru/lrwboz> (in Russian)
- Kislitsyna V.V., Likontseva Yu.S., Surzhikov D.V., Golikov R.A. Comparative assessment of the risk of health disorders of the population at two industrial centers of Kuzbass from exposure to atmospheric pollution. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(7): 468–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-468-473> <https://elibrary.ru/kxbtoy> (in Russian)
- Radionova E.A., Slesarenko E.V. Evaluation of the environmental security of industrial regions: evidence from the Kemerovo oblast. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. 2019; 15(3): 575–92. <https://doi.org/10.24891/ni.15.3.575> <https://elibrary.ru/yzinud> (in Russian)
- Khan R.B. Problems of reproductive health of the population in conditions of anthropogenic pollution (review of literature). *Orenburgskii meditsinskii vestnik*. 2018; 6(3): 4–11. <https://elibrary.ru/vbmpr> (in Russian)
- Sedykh V.A., Kurolap S.A., Medzhinyan E.S., Khlyupin G.Y. Formaldehyde air pollution and assessment of carcinogenic risk for the population health in Lipetsk. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*. 2021; 15(3): 100–8. <https://elibrary.ru/salvrv> (in Russian)
- Aleshina N.Yu. On the issue of morbidity in the class of tumors in the industrialized region. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 540–1. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-540-541> <https://elibrary.ru/xhjsnk> (in Russian)
- Kulyas V.M. Hygienic assessment of non-carcinogenic and carcinogenic risks to the health of the population of the industrial center from aerogenic pollutants. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny*. 2021; 30(1): 55–60. <https://elibrary.ru/jcjaxf> (in Russian)
- Klepikov O.V., Stepkin Yu.I., Kurolap S.A., Yepintsev S.A. Organization of monitoring of carcinogens in the atmospheric air of the city and assessment of the health risk. *Sanitarnyi vrach*. 2020; (11): 19–28. <https://doi.org/10.33920/med-08-2011-02> <https://elibrary.ru/yypoay> (in Russian)
- Prilipko N.S., Turbinsky V.V., Raputa V.F., Bortnikova S.B. Assessment of the carcinogenic hazard of black carbon (soot) and related polyarenes industrial emissions into the air of populated areas. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; (2): 84–102. <https://elibrary.ru/wollcx> (in Russian)
- Barmin P.A., Klenin I.S., Azarov V.N. Air pollution of settlements with fine dust from flare emissions. *Sotsiologiya goroda*. 2021; (2): 42–51. <https://elibrary.ru/vfceu> (in Russian)
- Obesnyuk V.F. Age dynamics of cancer incidence intensity indicates existence of some frailty subgroups. *Health Risk Analysis*. 2023; (3): 29–38. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.03.eng> <https://elibrary.ru/qqeknw>
- Li J., Chen Y., Mo S., Nai D. Potential positive association between cytochrome P450 1A1 gene polymorphisms and recurrent pregnancy loss: a meta-analysis. *Ann. Hum. Genet.* 2017; 81(4): 161–73. <https://doi.org/10.1111/ahg.12196> <https://elibrary.ru/licvxx>
- Stejskalova L., Pavek P. The function of cytochrome P450 1A1 enzyme (CYP1A1) and aryl hydrocarbon receptor (AhR) in the placenta. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 2011; 12(5): 715–30. <https://doi.org/10.2174/138920111795470994> <https://elibrary.ru/ybzqsf>
- Barek M.A., Basher M.A., Aziz M.A., Hossen M.S., Jahan N., Afroz N., et al. Assessment of the association of CYP1A1 gene polymorphisms with the susceptibility of cervical cancer: A case-control study and meta-analysis. *Heliyon*. 2023; 9(7): e17712. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17712> <https://elibrary.ru/uhzqml>
- Das A.P., Saini S., Agarwal S.M. A comprehensive meta-analysis of non-coding polymorphisms associated with precancerous lesions and cervical cancer. *Genomics*. 2022; 114(3): 110323. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2022.110323> <https://elibrary.ru/qhjvtp>

Сведения об авторах

Михайлова Надежда Николаевна, доктор биол. наук, профессор, гл. науч. сотр. научно-организационного отд. ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: napmih@mail.ru

Кислицына Вера Викторовна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Баран Ольга Ивановна, ст. науч. сотр. лаб. медико-социальных проблем и стратегического планирования в здравоохранении ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: baranolg@gmail.com

Гуляева Ольга Николаевна, ст. науч. сотр. лаб. молекулярно-генетических и экспериментальных исследований ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: gulyaich1973@mail.ru

Уланова Евгения Викторовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. молекулярно-генетических и экспериментальных исследований ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: sledui_mechte@mail.ru

Чифранова Мария Викторовна, зам. руководителя филиала по медицинской части Новокузнецкого филиала ГБУЗ «Кузбасский клинический онкологический диспансер им. М.С. Раппопорта», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: pokachalova_mv@mail.ru

Долгих Сергей Александрович, канд. мед. наук, начальник организационно-методического отд. Новокузнецкого филиала ГБУЗ «Кузбасский клинический онкологический диспансер им. М.С. Раппопорта», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: sergunsan@yandex.ru

About the authors

Nadezhda N. Mikhailova, DSc (Biology), professor, chief researcher of the scientific and organizational department, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1127-6980> E-mail: napmih@mail.ru

Vera V. Kislitsyna, PhD (Medicine), leading researcher, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6731> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Olga I. Baran, senior researcher, Laboratory of medical and social problems and strategic planning in healthcare, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1312-2368> E-mail: baranolg@gmail.com

Olga N. Gulyaeva, senior researcher, Molecular-genetic and experimental study laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2225-6923> E-mail: gulyaich1973@mail.ru

Evgeniya V. Ulanova, PhD (Biology), senior researcher, Molecular-genetic and experimental study laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2657-3862> E-mail: sledui_mechte@mail.ru

Maria V. Chifranova, deputy head, Branch on Medical Affairs, Novokuznetsk Branch of the Kuzbass Clinical Oncological Dispensary named after M.S. Rappoport, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5356-5115> E-mail: pokachalova_mv@mail.ru

Sergey A. Dolgikh, PhD (Medicine), head, Organizational and methodological department, Novokuznetsk Branch of the Kuzbass Clinical Oncological Dispensary named after M.S. Rappoport, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5469-7320> E-mail: sergunsan@yandex.ru