



Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Мыльникова И.В., Бобкова Е.В. Риски онкопатологии на территориях размещения канцерогеноопасных предприятий

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Наиболее актуальна проблема злокачественных новообразований для промышленных городов, население которых подвергается продолжительному воздействию загрязнения воздуха многочисленными канцерогенами.

Цель исследования — дать оценку потенциального и реализованного риска развития злокачественных новообразований, связанного с химическим воздействием канцерогенов, у населения промышленных центров для снижения уровня заболеваемости и смертности.

Материалы и методы. При оценке потенциального риска использованы данные лабораторного контроля качества атмосферного воздуха в промышленных городах Иркутской области за 1991–2024 гг. Индивидуальный и популяционный канцерогенный риск рассчитан согласно Р 2.1.10.3968–23. Реализованный канцерогенный риск, связанный с загрязнением атмосферного воздуха, оценивали путём расчёта относительного риска $RR \pm S [CI_{min} - CI_{max}]$. В качестве фоновых выбраны показатели территории с низким уровнем экспозиции канцерогенных веществ.

Результаты. Индивидуальный канцерогенный риск оценивался как неприемлемый для населения, наиболее высокие уровни (более $1E-04$) характерны для Иркутска, Братска, Шелехова, Ангарска. Ранговый ряд популяционного риска с учётом численности населения представлен следующим образом: Иркутск > Братск > Ангарск > Усолье-Сибирское > Шелехов > Саянск. Заболеваемость населения Иркутской области выше, чем в Российской Федерации, в 1,2 раза, смертность — в 1,3 раза. Самая высокая заболеваемость зафиксирована в Ангарске и Свирске: кратность превышения значения в области 1,3–1,4 раза. Максимальный уровень RR -заболеваемости отмечен в городе с накопленным вредом от прежней деятельности и в городах с предприятиями химической промышленности.

Ограничения. Не рассмотрена заболеваемость злокачественными новообразованиями в период пандемии COVID-19. Не учтены персонализированные факторы риска.

Заключение. Одна из ведущих причин возникновения и формирования опухолевых процессов — неприемлемый канцерогенный риск, которому подвергаются 65% жителей изученных городов. В промышленных центрах, размещающих канцерогеноопасные предприятия в настоящее время или имевшие их в прошлом, зарегистрированы самые высокие уровни онкологической заболеваемости и смертности.

Ключевые слова: индивидуальный канцерогенный риск; популяционный риск; злокачественные новообразования; заболеваемость; смертность; канцерогеноопасные предприятия

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Ефимова Н.В., Рукавишников В.С., Мыльникова И.В., Бобкова Е.В. Риски онкопатологии на территориях размещения канцерогеноопасных предприятий. Гигиена и санитария. 2025; 104(10): 1284–1289. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1284-1289> <https://elibrary.ru/mxohai>

Для корреспонденции: Ефимова Наталья Васильевна, e-mail: med_eco_lab@list.ru

Участие авторов: Ефимова Н.В. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, редактирование; Рукавишников В.С. — концепция исследования, написание текста; Мыльникова И.В. — обзор литературы, статистическая обработка, написание текста; Бобкова Е.В. — сбор материала и статистическая обработка, написание текста. 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. Работа не имела спонсорской поддержки.

Поступила: 24.09.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликовано: 14.11.2025

Natalya V. Efimova, Victor S. Rukavishnikov, Inna V. Mylnikova, Elena V. Bobkova Risks for oncological pathology in territories of the location of carcinogenic enterprises

East Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The problem of malignant neoplasms is particularly pressing for industrial cities, whose populations are exposed to air pollution by numerous carcinogens. **The aim.** To assess the potential and realized risk of developing malignant neoplasms associated with chemical exposure to carcinogens for the population of industrial centers.

Materials and Methods. Data from laboratory air quality monitoring in industrial cities for 1991–2024 were used to assess the potential risk. The realized carcinogenic risk associated with air pollution was estimated by calculating the relative risk. Indices from areas with low levels of exposure to carcinogens were selected as background values.

Results. Individual carcinogenic risk is assessed as unacceptable for the population; the highest levels (more than $1E-04$) are typical for Irkutsk, Bratsk, Shelekhov, and Angarsk. The population risk rank order depends not only on population size but also the composition of pollutants. The incidence rate in the Irkutsk region is 1.2 times higher than the Russian Federation average, and the mortality rate is 1.3 times higher. The highest RR incidence rates were observed in cities with accumulated damage from previous activities and in cities with chemical industry enterprises.

Limitations. The specific features of malignant neoplasms during the COVID-19 pandemic are not considered. Personalized risk factors are not taken into account. **Conclusion.** About 65% of city residents are exposed to unacceptable carcinogenic risk. Industrial centers that house carcinogenically hazardous enterprises, both currently and in the past, have the highest rates of cancer incidence and mortality.

Keywords: individual carcinogenic risk; population risk; malignant neoplasms; morbidity; mortality; carcinogenic hazardous enterprises

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Efimova N.V., Rukavishnikov V.S., Mylnikova I.V., Bobkova E.V. Risks for oncological pathology in territories of the location of carcinogenic enterprises. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2025; 104(10): 1284–1289. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1284-1289> <https://elibrary.ru/mxohai> (In Russ.)

For correspondence: Natalia V. Efimova, e-mail: med_eco_lab@list.ru

Contribution: Efimova N.V. — the concept and design of the study, processing of material, writing text, editing; Rukavishnikov V.S. — research concept, writing of the text; Mylnikova I.V. — collection and processing of material, statistical processing, writing text; Bobkova E.V. — collection of material and statistical processing, writing of text. 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: September 24, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: November 14, 2025

Введение

Глобальная статистика рака GLOBOCAN Международного агентства по изучению рака (МАИР) за 2022 г. свидетельствует о том, что злокачественные новообразования (ЗНО) в структуре смертности стали значительно опережать болезни системы кровообращения (БСК). В 2022 г. число новых случаев ЗНО возросло до 20 млн, а случаев смерти от рака — до 9,7 млн [1]. Изменилось соотношение смертности от болезней системы кровообращения и смертности от рака. Этот показатель составил 0,4 в странах с высоким уровнем дохода, 1,3 — со средним, 3 — с низким [2]. Наблюдаемые темпы роста онкопатологии и последующей смертности на фоне снижения заболеваемости БСК во многих странах позволили предположить, что ЗНО станут основной причиной смерти [3].

Наиболее актуальна проблема злокачественных новообразований для промышленных городов, население которых подвергается продолжительному воздействию загрязнения воздуха многочисленными канцерогенами — бенз(а)пиреном, бензолом, тяжёлыми металлами и др. [4]. Установлены связи между различными нозологическими формами рака и загрязнением воздуха [5–7]. В промышленных центрах с интенсивным загрязнением атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий отмечено повышение на 17% по сравнению с неэкспонированными территориями смертности от рака пищеварительного тракта и дыхательных путей, лейкемии, рака простаты, молочной железы и яичников [8]. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха оказывает влияние на здоровье различных групп населения, однако значительная часть исследований сосредоточена на профессиональном, а не на экологическом воздействии [9]. При этом повышенный риск смертности от рака молочной железы (1,1; 1,03–1,18) связан с проживанием вблизи предприятий, в частности производств неорганических химических веществ [10]. Кроме того, у населения, проживающего в пределах 0–10 км от нефтеперерабатывающего предприятия, чаще выявляются метастазы или системное поражение по сравнению с лицами, чьё место жительства находится в 21–30 км от источника загрязнения [11].

Более 70% населения Иркутской области проживает в городах. Интенсивное развитие региона во второй половине прошлого века привело к концентрации крупных предприятий машиностроения, цветной металлургии, нефте- и лесопереработки, стройиндустрии, что обусловило высокое загрязнение среды обитания [12, 13]. Наряду с действующими предприятиями на территории влияют зоны накопленного вреда, образовавшиеся в результате прежней хозяйственной деятельности: например, в Свирске выбросы предприятий содержали мышьяк, свинец, кадмий, в Усолье-Сибирском на химическом предприятии производили эпихлоргидрин. В сложившейся ситуации особое значение приобретает исследование по оценке канцерогенного риска для здоровья населения промышленных центров. Приоритетной задачей в этом случае является изучение канцерогенного риска на индивидуальном и популяционном уровнях [14]. Известно, что предприятия 1-го и 2-го классов опасности определяют канцерогенные риски, превышающие предельно допустимый уровень ($1 \cdot 10^{-4}$) [15]. Рак приводит к необратимым потерям здоровья, трудоспособности, снижает качество и продолжительность жизни, что в целом определяет значительные социальные и макроэкономические затраты. Поэтому исследования, направленные на выявление территорий реализованного риска заболеваемости и смертности от ЗНО, позволяют скоординировать деятельность медицинских учреждений и будут способствовать повышению продолжительности жизни населения Российской Федерации [16–18]. На основании изложенного важно изучение потенциального и реализованного риска заболеваемости ЗНО в условиях снижения техногенного загрязнения атмосферного воздуха за счет изменения технологических процессов, замены опасных веществ менее вредными для здоровья населения.

Цель исследования — дать оценку потенциального и реализованного риска развития злокачественных новообразований, связанных с химическим воздействием канцерогенов, у населения промышленных центров для снижения уровня заболеваемости и смертности от ЗНО.

Материалы и методы

Для оценки потенциального риска использованы результаты лабораторного контроля качества атмосферного воздуха в промышленных городах Иркутской области — данные постанов наблюдений ФГБУ «Иркутское УГМС» за 1991–2024 гг. Индивидуальный и популяционный канцерогенный риск, связанный с химическим загрязнением атмосферного воздуха, на отдельных территориях Иркутской области (средний за 1991–2024 гг.) рассчитан согласно Р 2.1.10.3968–23. Для расчёта популяционного риска использовали численность населения на 01.01.2024 г., данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области — Иркутскстата.

Ретроспективно проанализированы данные официальной статистической отчётности (ф. № 7, 2004–2024 гг.) и годовых отчётов медицинских организаций «Основные показатели работы медицинских организаций Иркутской области» (2016–2024 гг.). Реализованный канцерогенный риск, связанный с загрязнением атмосферного воздуха, оценивали путём расчёта относительного риска $RR \pm S [CI_{min} - CI_{max}]$. В качестве фоновой территории выбран Слюдянский район как территория с низким уровнем экспозиции канцерогенными веществами. Весь период исследования разделили на четыре интервала: 2004–2008, 2009–2014, 2015–2019, 2020–2024 гг.

Статистическая обработка проведена с применением программ Microsoft Excel и Statistica (версия 10.0). Показатели заболеваемости и смертности от ЗНО рассчитаны на 100 000 населения, запущенности — в % от выявленных случаев.

Результаты

Результаты оценки индивидуального и популяционного канцерогенного риска, связанного с техногенным загрязнением атмосферного воздуха, в промышленных центрах Иркутской области представлены в табл. 1. Установлено, что уровень ICR с учётом комплекса контролируемых канцерогенов в большинстве городов расценивался как индивидуальный канцерогенный риск, неприемлемый для населения в целом. Наиболее высокие уровни (более $1E-04$) характерны для Иркутска, Братска, Шелехова, Ангарска. Максимальные величины популяционного риска отмечены в крупных городах, где размещены предприятия промышленно-энергетического комплекса, являющиеся источниками выбросов различных канцерогенов в атмосферный воздух. Так, ожидаемое число случаев ЗНО, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, в Иркутске (606 тыс. населения) оценивается в 211 случаев, в Братске (220 тыс.) — 78,9 случая, в Ангарске (229 тыс.) — 41,1 случая в год на всё население соответствующего города. Минимальные значения популяционного риска выявлены в городах с численностью населения 40–50 тыс. (Черемхово — 0,3, Шелехов — 0,9 случая в год).

Проанализированы показатели онкологической заболеваемости и смертности населения промышленных городов Иркутской области (табл. 2). Сравнительная оценка заболеваемости ЗНО показала, что изучаемый показатель на территории Иркутской области превышал значение в Российской Федерации в 1,2 раза. Максимальные значения анализируемого показателя выявлены в Ангарске и Свирске: кратность превышения значения в области — 1,3–1,4 раза, в Российской Федерации — 1,6–1,7 раза. На втором месте по величине изучаемого показателя находятся Черемхово, Усолье-Сибирское, Иркутск, Шелехов, заболеваемость ЗНО в перечисленных городах превышала областной показатель в 1,2 раза, общероссийский — в 1,5 раза. Третье место зани-

Таблица 1 / Table 1

Потенциальный канцерогенный риск, связанный с химическим загрязнением атмосферного воздуха, на отдельных территориях Иркутской области (средний за 1991–2024 гг.)
Potential carcinogenic risk associated with chemical ambient air pollution in certain areas of the Irkutsk region (average for 1991–2024)

Территории Territory	ICR	PCR	Контролируемые канцерогены Controlled carcinogens
Ангарск / Angarsk	1.80E–04	41.1	Никель, свинец, хром VI+, формальдегид, бенз(а)пирен, кадмий Nickel, lead, chromium VI+, formaldehyde, benz(a)pyrene, cadmium
Братск / Bratsk	3.57E–04	78.9	Никель, свинец, хром VI+, бенз(а)пирен, мышьяк, формальдегид, бериллий Nickel, lead, chromium VI+, benz(a)pyrene, formaldehyde
Иркутск / Irkutsk	3.48E–04	211.0	Бенз(а)пирен, хром VI+, формальдегид, никель, свинец, кадмий Nickel, lead, chromium VI+, benz(a)pyrene, formaldehyde
Саянск / Sayansk	7.51E–05	2.7	Формальдегид, бенз(а)пирен / Formaldehyde, benz(a)pyrene
Усолье-Сибирское Ussolie-Siberskoe	2.11E–04	15.3	Формальдегид, никель, свинец, хром VI+, бенз(а)пирен, мышьяк, кадмий Formaldehyde, nickel, lead, chromium VI+, benz(a)pyrene, arsenic, cadmium
Черемхово / Cheremkhovo	5.86E–06	0.3	Бенз(а)пирен, мышьяк, свинец / Benzo(a)pyrene, arsenic, lead
Шелехов / Chelekhov	2.25E–04	0.9	Никель, свинец, хром VI+, бенз(а)пирен, формальдегид Nickel, lead, chromium VI+, benz(a)pyrene, formaldehyde
Усть-Илимск / Ust-Ilimsk	3.51E–05	2.7	Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene
Свирск / Svirsk	9.12E–05	1.4	Бенз(а)пирен, никель, свинец, хром VI+, мышьяк Benz(a)pyrene, Nickel, lead, chromium VI+, arsenic

мают Усть-Илимск, Саянск, Братск, превышение областно-го и общероссийского уровня в указанных городах составило 1,2 и 1,4 соответственно. Проведённая оценка онкологиче-ской заболеваемости была бы неполной без показателя за-пущенности. По величине запущенности ЗНО показатель в Иркутской области превышал значение в Российской Федерации в 1,3 раза. Наибольшие значения показателя за-пущенности ЗНО определены в Черемхове, Свирске, Зиме, Усть-Илимске, Усолье-Сибирском. Минимальное значе-ние запущенности зарегистрировано в Иркутске. Кратность превышения общероссийского показателя в перечислен-ных городах колебалась в пределах 1,4–1,6 раза. Что каса-ется смертности по причине ЗНО, то значение областного показателя было сопоставимо с общероссийским уровнем. Вместе с тем максимальные значения смертности от ЗНО выявлены в городах, значительно удалённых от областного центра и соответственно от медицинских учреждений с вы-сокотехнологичными видами медицинской помощи по про-филю «онкология». Минимальные значения смертности от ЗНО определены в Иркутске и Ангарске.

Показатели потенциального канцерогенного риска на индивидуальном и популяционном уровнях указывают на наличие стабильного онкологического риска для насе-ления промышленных городов Иркутской области. Поэто-му был выполнен анализ динамики реализованного риска ЗНО у населения территорий наблюдения (табл. 3). Наибо-лее высокие значения относительного риска заболеваемо-сти ЗНО отмечены в 2004–2008 гг. в Ангарске, Иркутске, Братске и Шелехове – 1,14–1,29. К 2020–2024 гг. про-изошло снижение изучаемого показателя на 4,3–12,3% до 1,1–1,18. При этом в Братске в 2009–2014 и 2015–2019 гг. показатель относительного риска заболеваемости ЗНО был < 1. Изучаемый показатель на протяжении всех пери-одов наблюдения в Усть-Илимске не превышал единицы, что отражает малую значимость химического загрязнение атмосферного воздуха канцерогенами в формировании онкопатологии населения этого города. Незначительные колебания показателя RR заболеваемости ЗНО выявлены для населения Свирска.

Таблица 2 / Table 2

Показатели онкологической заболеваемости и смертности населения Иркутской области в 2004–2024 гг., Me [Q1–Q3]
Cancer incidence and mortality rates in the Irkutsk Region in 2004–2024, Me [Q1–Q3]

Территории Territory	Заболеваемость, $\frac{0}{0000}$ Prevalence, $\frac{0}{0000}$	Запущенность, % Neglect, %	Смертность, $\frac{0}{0000}$ Mortality, $\frac{0}{0000}$
Российская Федерация / Russian Federation	310 [282–396.8]	21.2 [20.5–22.6]	201 [199.5–202]
Иркутская область / Irkutsk region	372.5 [348–407]	28.7 [26.9–32.4]	202 [187–207.6]
Ангарск / Angarsk	492 [441.4–547]	26.3 [25.5–28.6]	225 [214–233.7]
Братск / Bratsk	445.5 [394–490]	28.9 [28.0–29.4]	212.8 [206–221]
Иркутск / Irkutsk	463.5 [448–530]	25.6 [23.9–30.2]	194.2 [191–198]
Саянск / Sayansk	448 [35–484.9]	27.3 [25.0–30.1]	182 [155–196.5]
Усолье-Сибирское / Ussolie-Siberskoe	461 [405.6–511]	29.8 [28.1–32.5]	208.9 [206–225]
Черемхово / Cheremkhovo	467 [370–507.7]	34.2 [29.6–37.0]	241 [208.9–261]
Шелехов / Chelekhov	457 [384–503.9]	28.7 [26.4–31.5]	199.9 [184–225]
Усть-Илимск / Ust-Ilimsk	449.3 [365–493]	30.7 [27.0–32.9]	218.9 [181–234]
Свирск / Svirsk	531 [461.6–581]	31.6 [29.9–36.6]	265.2 [242–290]

Таблица 3 / Table 3

Динамика реализованного риска заболеваемости злокачественными новообразованиями населения промышленных городов Иркутской области в 2004–2024 гг., $RR \pm S [CI_{min} - CI_{max}]$

Trend in the realized risk of cancer prevalence in the population of industrial cities of the Irkutsk region over 2004–2024, $RR \pm S [CI_{min} - CI_{max}]$

Территории Territory	Годы / Years			
	2004–2008	2009–2014	2015–2019	2020–2024
Ангарск / Angarsk	$1.29 \pm 0.10 [1.10–1.54]$	$1.10 \pm 0.10 [0.93–1.27]$	$1.11 \pm 0.04 [1.0–1.2]$	$1.18 \pm 0.08 [1.0–1.37]$
Братск / Bratsk	$1.14 \pm 0.10 [0.95–1.36]$	$0.99 \pm 0.10 [0.84–1.15]$	$0.97 \pm 0.03 [0.89–1.0]$	$1.0 \pm 0.08 [0.89–1.22]$
Иркутск / Irkutsk	$1.27 \pm 0.10 [1.10–1.52]$	$1.0 \pm 0.10 [0.88–1.20]$	$1.12 \pm 0.03 [1.0–1.2]$	$1.16 \pm 0.08 [1–1.35]$
Саянск / Sayansk	$1.10 \pm 0.12 [0.79–1.27]$	$0.95 \pm 0.11 [0.77–1.17]$	$1.27 \pm 0.04 [1.1–1.27]$	$1.10 \pm 0.1 [0.9–1.35]$
Усолье-Сибирское / Ussolie-Siberskoe	$1.0 \pm 0.10 [0.84–1.26]$	$0.94 \pm 0.10 [0.79–1.12]$	$0.93 \pm 0.04 [0.86–1.0]$	$1.1 \pm 0.09 [0.92–1.31]$
Черемхово / Cheremkhovo	$1.12 \pm 0.11 [0.90–1.39]$	$1.10 \pm 0.94 [1.37–0.59]$	$0.87 \pm 0.05 [0.8–0.96]$	$1.10 \pm 0.09 [0.88–1.28]$
Шелехов / Chelekhov	$1.15 \pm 0.11 [0.93–1.42]$	$0.94 \pm 0.10 [0.78–1.14]$	$1.0 \pm 0.04 [0.94–1.1]$	$1.10 \pm 0.09 [0.92–1.31]$
Усть-Илимск / Ust-Ilimsk	$0.91 \pm 0.10 [0.74–1.11]$	$0.94 \pm 0.10 [0.79–1.10]$	$0.91 \pm 0.04 [0.84–0.99]$	$1.0 \pm 0.09 [0.88–1.25]$
Свирск / Svirsk	$1.0 \pm 0.17 [0.74–1.43]$	$1.20 \pm 0.14 [0.88–1.54]$	$1.10 \pm 0.07 [0.94–1.22]$	$1.21 \pm 0.13 [0.93–1.57]$

Обсуждение

Концентрация крупных канцерогеноопасных предприятий в южных районах Иркутской области привела к высокому загрязнению среды обитания и формированию зон риска. Проведённые исследования позволили выявить сложившийся в условиях продолжительного влияния комплекса канцерогенов неприемлемый онкологический риск на индивидуальном уровне для населения промышленных центров ($> 1 \cdot 10^{-4}$); в таких условиях проживает 65% городского населения Иркутской области. В условиях целевого риска проживает лишь 22% городского населения. Ранговый ряд популяционного риска с учётом численности населения представлен следующим образом: Иркутск > Братск > Ангарск > Усолье-Сибирское > Шелехов > Саянск. В то же время ранговый ряд, построенный по уровню RR (от максимального к минимальному), имеет иной порядок: Свирск > Ангарск > Саянск > Усолье-Сибирское > Шелехов. Указанное расхождение требует особого внимания и может быть связано как с воздействием онкогенов, поступающих из других сред (например, производственной, с дымом табака, продуктами питания), так и с веществами, не контролируемые службами мониторинга, но накопившимися вследствие прежней экономической деятельности (как в Свирске и Усолье-Сибирском). Следовательно, требуется продолжение исследований в установленных зонах риска для оптимизации природоохранных и медико-организационных региональных проектов.

Многолетнее воздействие канцерогенов определило реализацию потенциального риска и сопровождалось возникновением ЗНО различной локализации. Оценка динамики реализованного риска заболеваемости ЗНО свидетельствует о том, что при незначительном снижении показателя в Ангарске, Иркутске, Братске и Шелехове величина риска превышала единицу и составляла 1,18; 1,16; 1; 1,1 соответственно. При этом среди городов – административных центров Сибири и Дальнего Востока в 2012–2021 гг. Иркутск занимал промежуточное положение по заболеваемости ЗНО, а по уровню смертности от ЗНО выходил на первое место [19]. Сравнение заболеваемости ЗНО населения промышленных городов Иркутской области показало, что показатели были выше, чем в большинстве субъектов Российской Федерации [20–23].

Формирование заболеваемости и смертности от ЗНО в городах Иркутской области происходило на фоне последовательного снижения концентрации приоритетных канцерогенов в атмосферном воздухе в 1990–2020 гг. [24]. Так, содержание бенз(а)пирена снизилось в 1,2 раза в Ангарске

(с 4,2 до 3,6 нг/м³), в 2,7 раза в Иркутске (с 9,6 до 3,5 нг/м³), в 2,8 раза в Братске (с 11,1 до 4 нг/м³), в 2,2 раза в Шелехове (с 12,4 до 5,7 нг/м³), в 2,1 раза в Зиме (с 13,1 до 6,1 нг/м³), в 1,9 раза в Черемхово (с 11,4 до 6,1 нг/м³). Тем не менее показатели заболеваемости ЗНО населения промышленных городов Иркутской области существенно превышали общероссийский и областной.

В проведённом исследовании не рассматривалась роль пандемии COVID-19, хотя отмечено, что в 2019–2020 гг. произошло изменение уровня заболеваемости и смертности от ЗНО [25]. В указанный период наблюдалось одновременное влияние двух приоритетных факторов на реализацию канцерогенной опасности для различных групп населения. Значительная перегруженность медицинских учреждений, сосредоточившихся на оказании помощи пациентам с COVID-19, определила уменьшение объёмов оказания онкологической помощи, задержке маммографических и колоректальных скрининговых исследований и др.

Другим ограничением было отсутствие данных об онкогенных факторах, реализуемых на персональном уровне, у лиц с диагнозом ЗНО и невозможность определить, был ли связан риск ЗНО с воздействием факторов производственной среды, проживанием вблизи промышленного предприятия или является вариантом наследственного рака. Значимость таких факторов, как курение, потребление алкоголя, питание, работа в канцерогеноопасных профессиях, была рассмотрена нами на примере отдельных городов [26].

Заключение

Оценка ингаляционного воздействия веществ-онкогенов показала, что 65% жителей городов Иркутской области подвергались неприемлемому канцерогенному риску, что стало одной из ведущих причин возникновения и формирования опухолевых процессов. В промышленных центрах, имеющих канцерогеноопасные предприятия в настоящее время либо имевшие их в прошлом, зарегистрированы наиболее высокие уровни онкологической заболеваемости и смертности.

Результаты проведённого исследования могут быть использованы при организации медико-профилактической помощи населению экспонированных территорий для снижения риска заболеваемости и смертности от ЗНО. Решение этой задачи должно быть комплексным и заключаться не только в улучшении качества атмосферного воздуха промышленных городов, но и в активной просветительной работе среди населения, использовании высокотехнологичных методов скрининга и диагностики.

Литература

1. Bray F., Laversanne M., Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Soerjomataram I., et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J. Clin.* 2024; 74(3): 229–63. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
2. Dagenais G.R., Leong D.P., Rangarajan S., Lanas F., Lopez-Jaramillo P., Gupta R., et al. Variations in common diseases, hospital admissions, and deaths in middle-aged adults in 21 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet.* 2020; 395(10226): 785–94. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32007-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32007-0)
3. Sathish T., Teo K.K., Britz-McKibbin P., Gill B., Islam S., Paré G., et al. Variations in risks from smoking between high-income, middle-income, and low-income countries: an analysis of data from 179 000 participants from 63 countries. *Lancet Glob. Health.* 2022; 10(2): e216–26. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00509-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00509-X)
4. Овчинникова Е.Л., Колчин А.С., Крига А.С., Новикова Ю.А. Канцерогенный риск для здоровья населения крупного промышленного города в результате многомерного и многомаршрутного воздействия химических веществ. *Гигиена и санитария.* 2024; 103(8): 906–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-906-913> <https://elibrary.ru/dnazhr>
5. VoPham T., White A.J., Jones R.R. Geospatial science for the environmental epidemiology of cancer in the exposome era. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2024; 33(4): 451–60. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-23-1237>
6. Consonni D., Carugno M., De Matteis S., Nordio F., Randi G., Bazzano M., et al. Outdoor particulate matter (PM₁₀) exposure and lung cancer risk in the EAGLE study. *PLoS One.* 2018; 13(9): e0203539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203539>
7. Yoo J., Lee Y., Park Y., Lee J., Choi J.Y., Lee H., et al. Update in Association between Lung Cancer and Air Pollution. *Tuberc. Respir. Dis. (Seoul).* 2025; 88(2): 228–36. <https://doi.org/10.4046/trd.2024.0092>
8. Fernandez-Navarro P., García-Pérez J., Ramis R., Boldo E., Lopez-Abente G. Industrial pollution and cancer in Spain: an important public health issue. *Environ. Res.* 2017; 159: 555–63. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.049>
9. Faramarzi S., Kiani B., Hoseinkhani M., Firouraghi N. A gender-specific geodatabase of five cancer types with the highest frequency of occurrence in Iran. *BMC Res. Notes.* 2024; 17(1): 83. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06737-4>
10. Ayuso-Álvarez A., García-Pérez J., Triviño-Juárez J.M., Larrinaga-Torrontegui U., González-Sánchez M., Ramis R., et al. Association between proximity to industrial chemical installations and cancer mortality in Spain. *Environ. Pollut.* 2020; 260: 113869. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113869>
11. Williams S.B., Shan Y., Jazzar U., Kerr P.S., Okereke I., Klimberg V.S., et al. Proximity to oil refineries and risk of cancer: a population-based analysis. *JNCI Cancer Spectr.* 2020; 4(6): pkaa088. <https://doi.org/10.1093/jncics/pkaa088>
12. Безgodов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В., Мильникова И.В. Ранжирование и оценка территорий Иркутской области по уровню комплексного антропогенного загрязнения. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО.* 2017; 25(2): 38–40. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-287-2-38-40> <https://elibrary.ru/xxrfpl>
13. Ефимова Н.В., Кауров П.К., Пережогин А.Н., Зайкова З.А., Безgodов И.В., Горнов А.Ю. Факторы окружающей среды: опыт комплексной оценки. Иркутск; 2010. <https://elibrary.ru/pzjjsx>
14. Соленова Л.Г. Современные подходы к оценке влияния загрязнения окружающей среды на онкологический риск. *Успехи молекулярной онкологии.* 2020; 7(1): 17–22. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2020-7-1-17-22> <https://elibrary.ru/hixkbp>
15. Боев В.М., Карпенко И.Л., Боев М.В., Бархатова Л.А., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А. Гигиеническая оценка аэрогенного риска для здоровья населения в районах размещения предприятий I, II класса опасности с обоснованием размеров санитарно-защитных зон. *Медицина труда и экология человека.* 2018; (2): 5–10. <https://elibrary.ru/wsbwro>
16. Зайцева Н.В. Гигиена в решении актуальных проблем развития потенциала здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации. *Гигиена и санитария.* 2022; 101(10): 1138–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144> <https://elibrary.ru/ctxkoc>
17. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и санитария.* 2017; 96(12): 1125–9. <https://elibrary.ru/yqxhne>
18. 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>
19. Жуйкова Л.Д., Ананина О.А., Одинцова И.Н., Пикалова Л.В., Кононова Г.А. Динамика заболеваемости злокачественными новообразованиями населения городов – административных центров Сибири и Дальнего Востока. *Профилактическая медицина.* 2023; 26(2): 31–40. <https://doi.org/10.17116/profmed20232602131> <https://elibrary.ru/ilwiqw>
20. Марченко Б.И., Нестерова О.А., Тарасенко К.С. Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО.* 2023; 31(12): 17–26. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26> <https://elibrary.ru/egmagm>
21. Тамразов Р.И., Федоров Н.М., Павлова В.И., Подгальня Е.Б., Зотин Ю.С., Пинягина Е.С. Эпидемиология злокачественных опухолей в Тюменской области в период с 2018 по 2022 гг. *Медицинская наука и образование Урала.* 2023; 24(4): 74–80. <https://elibrary.ru/wxtimk>
22. Герус А.Ю., Коротенко О.Ю., Баран О.И., Михайлова Н.Н. Выявление злокачественных новообразований у населения промышленно развитого региона. *Гигиена и санитария.* 2024; 103(4): 303–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-4-303-309> <https://elibrary.ru/qdxdmg>
23. Каприна А.Д., ред. *Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность).* М.; 2024.
24. Белых Л.И. Основные результаты исследований бенз(а)пирена в природных и техногенных средах Южного Прибайкалья (2016–2024 гг.). *XXI век. Техносферная безопасность.* 2024; 9(3): 225–36. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2024-9-3-225-236> <https://elibrary.ru/gqfvme>
25. Стилиди И.С., Заридзе Д.Г., Максимович Д.М., Дзитиев Д.М. Снижение заболеваемости злокачественными опухолями – еще одно последствие эпидемии COVID-19. *Общественное здоровье.* 2022; 2(1): 5–14. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-2-1-5-14> <https://elibrary.ru/azmdvh>
26. Ефимова Н.В., Мильникова И.В. Оценка вклада онкогенных факторов в риск развития злокачественных новообразований у городского населения трудоспособного возраста. *Анализ риска здоровью.* 2021; (3): 99–107. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.3.09> <https://elibrary.ru/dacrqc>

References

1. Bray F., Laversanne M., Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Soerjomataram I., et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J. Clin.* 2024; 74(3): 229–63. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
2. Dagenais G.R., Leong D.P., Rangarajan S., Lanas F., Lopez-Jaramillo P., Gupta R., et al. Variations in common diseases, hospital admissions, and deaths in middle-aged adults in 21 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. *Lancet.* 2020; 395(10226): 785–94. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32007-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32007-0)
3. Sathish T., Teo K.K., Britz-McKibbin P., Gill B., Islam S., Paré G., et al. Variations in risks from smoking between high-income, middle-income, and low-income countries: an analysis of data from 179 000 participants from 63 countries. *Lancet Glob. Health.* 2022; 10(2): e216–26. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00509-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00509-X)
4. Ovchinnikova E.L., Kolchin A.S., Kriga A.S., Novikova Yu.A. Carcinogenic risk to the health of the population of a large industrial city as a result of multi-environmental and multi-route exposure to chemicals. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2024; 103(8): 906–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-906-913> <https://elibrary.ru/dnazhr>
5. VoPham T., White A.J., Jones R.R. Geospatial science for the environmental epidemiology of cancer in the exposome era. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2024; 33(4): 451–60. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-23-1237>
6. Consonni D., Carugno M., De Matteis S., Nordio F., Randi G., Bazzano M., et al. Outdoor particulate matter (PM₁₀) exposure and lung cancer risk in the EAGLE study. *PLoS One.* 2018; 13(9): e0203539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203539>
7. Yoo J., Lee Y., Park Y., Lee J., Choi J.Y., Lee H., et al. Update in Association between Lung Cancer and Air Pollution. *Tuberc. Respir. Dis. (Seoul).* 2025; 88(2): 228–36. <https://doi.org/10.4046/trd.2024.0092>
8. Fernandez-Navarro P., García-Pérez J., Ramis R., Boldo E., Lopez-Abente G. Industrial pollution and cancer in Spain: an important public health issue. *Environ. Res.* 2017; 159: 555–63. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.049>
9. Faramarzi S., Kiani B., Hoseinkhani M., Firouraghi N. A gender-specific geodatabase of five cancer types with the highest frequency of occurrence in Iran. *BMC Res. Notes.* 2024; 17(1): 83. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06737-4>
10. Ayuso-Álvarez A., García-Pérez J., Triviño-Juárez J.M., Larrinaga-Torrontegui U., González-Sánchez M., Ramis R., et al. Association between proximity to industrial chemical installations and cancer mortality in Spain. *Environ. Pollut.* 2020; 260: 113869. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113869>
11. Williams S.B., Shan Y., Jazzar U., Kerr P.S., Okereke I., Klimberg V.S., et al. Proximity to oil refineries and risk of cancer: a population-based analysis. *JNCI Cancer Spectr.* 2020; 4(6): pkaa088. <https://doi.org/10.1093/jncics/pkaa088>
12. Bezgodov I.V., Efimova N.V., Kuzmina M.V., Mylnikova I.V. Ranking and assessment of Irkutsk region by level of complex anthropogenic pollution. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO.* 2017; 25(2): 38–40. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-287-2-38-40> <https://elibrary.ru/xxrfpl> (in Russian)
13. Efimova N.V., Kaurov P.K., Perezhogin A.N., Zaikova Z.A., Bezgodov I.V., Gornov A.Yu. *Environmental Factors: Experience of Comprehensive Assessment [Faktyory okruzhayushchei sredy: opyt kompleksnoi otsenki]*. Irkutsk; 2010. <https://elibrary.ru/pzjjsx> (in Russian)
14. Solenova L.G. Current approaches to assessment of the impact of the environmental contamination on cancer risk. *Uspekhi molekulyarnoi onkologii.* 2020; 7(1): 17–22. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2020-7-1-17-22> <https://elibrary.ru/hixkbp> (in Russian)
15. Boev V.M., Karpenko I.L., Boev M.V., Barchatova L.A., Zelenina L.V., Kryazhev D.A. Hygienic assessment of aerogenic health risk for the population living near the hazardous class I, II enterprises with determination of sanitary

Original article

- protection zones sizes. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2018; (2): 5–10. <https://elibrary.ru/wsrwro> (in Russian)
16. Zaitseva N.V. Hygiene in resolving actual problems of developing the health potential and life expectancy of the population in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1138–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1138-1144> <https://elibrary.ru/ctxokc> (in Russian)
 17. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://elibrary.ru/yqxmne> (in Russian)
 18. Rakitskii V.N., Stepin 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 Sanitaria (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)
 19. Zhuikova L.D., Ananina O.A., Odintsova I.N., Pikalova L.V., Kononova G.A. Trends in cancer incidence in the administrative centers of Siberia and the Russian far east. *Profilakticheskaya meditsina*. 2023; 26(2): 31–40. <https://doi.org/10.17116/profmed20232602131> <https://elibrary.ru/ilwiqw> (in Russian)
 20. Marchenko B.I., Nesterova O.A., Tarasenko K.S. Malignant neoplasms in the industrial city: epidemiology, current trends and forecast. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2023; 31(12): 17–26. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26> <https://elibrary.ru/egmagm> (in Russian)
 21. Tamrazov R.I., Fedorov N.M., Pavlova V.I., Podgalnaya E.B., Zotin Yu.S., Pinyagina E.S. Epidemiology of cancer tumors in Tyumen region in the period from 2018 to 2022. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2023; 24(4): 74–80. <https://elibrary.ru/wxtimk> (in Russian)
 22. Gerus A.Yu., Korotenko O.Yu., Baran O.I., Mikhailova N.N. Detection of malignant neoplasms in the population of an industrialized region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(4): 303–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-4-303-309> <https://elibrary.ru/qddxmg> (in Russian)
 23. Kaprina A.D., ed. *Malignant Neoplasms in Russia in 2023 (Incidence and Mortality) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2023 godu (zabolevaemost' i smertnost')]*. Moscow; 2024. (in Russian)
 24. Belykh L.I. Review article the key results of studies of benzo(a)pyrene in natural and man-made environments of the southern Baikal region (2016–2024). *XXI vek. Tekhnosfermaya bezopasnost'*. 2024; 9(3): 225–36. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2024-9-3-225-236> <https://elibrary.ru/gqfvme> (in Russian)
 25. Stilidi I.S., Zaridze D.G., Maksimovich D.M., Dzitie D.M. The decrease in the incidence of malignant tumors as a consequence of the epidemic of COVID-19. *Obshchestvennoe zdorov'e*. 2022; 2(1): 5–14. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-2-1-5-14> <https://elibrary.ru/azmdvh> (in Russian)
 26. Efimova N.V., Mylnikova I.V. Assessment of the contribution made by oncogenic factors to the risk of malignant neoplasms development for the urban population of working age. *Health Risk Analysis*. 2021; (3): 99–106. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.3.09.eng> <https://elibrary.ru/webbex>

Сведения об авторах

Ефимова Наталья Васильевна, доктор мед. наук, профессор, вед. науч. сотр., ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск, Россия. E-mail: med_eco_lab@list.ru

Рукавишников Виктор Степанович, член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, научный руководитель ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск, Россия. E-mail: rvs_2010@mail.ru

Мыльникова Инна Владимировна, доктор мед. наук, доцент, ст. науч. сотр., ФГБНУ ВСИМЭИ, 665827, Ангарск, Россия. E-mail: inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com

Бобкова Елена Викторовна, канд. мед. наук, зам. директора по медицинской статистике, ОГКУЗ «МИАЦИО», 664003, Иркутск, Россия. E-mail: evb@miac-io.ru

Information about the authors

Natalya V. Efimova, DSc (Medicine), professor, leading researcher, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7218-2147> E-mail: med_eco_lab@list.ru

Victor S. Rukavishnikov, DSc (Medicine), professor, corresponding member of the RAS, scientific director, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2536-1550> E-mail: rvs_2010@mail.ru

Inna V. Mylnikova, DSc (Medicine), associate professor, senior researcher, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0169-4513> E-mail: inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com

Elena V. Bobkova, PhD (Medicine), deputy director for medical statistics, Medical Information and Analytical Center of the Irkutsk Region, Irkutsk, 664003, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8914-7903> E-mail: evb@miac-io.ru