



Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В.

## Результативность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по ключевым показателям – качеству атмосферного воздуха и риску для здоровья населения г. Братска

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия

**Введение.** Актуальность исследования определена необходимостью адекватной оценки результативности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по критериям качества атмосферного воздуха и здоровья населения.

**Цель исследования** состояла в сравнительной оценке качества атмосферного воздуха и аэрогенного риска для здоровья населения г. Братска за период 2020–2022 гг., в течение которого в городе реализовались меры в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

**Материалы и методы.** Основой для анализа являлись данные инструментальных измерений качества атмосферного воздуха, выполненных в рамках программ социально-гигиенического мониторинга (СГМ). Учтено более 30 тыс. результатов измерений 20 химических веществ на двух постах наблюдения. Канцерогенный, острый и хронический неканцерогенный риск для здоровья оценивали в соответствии с утверждёнными нормативно-методическим документами.

**Результаты.** За период 2020–2022 гг. в городе на постах СГМ зарегистрировано снижение приземных концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, оксидов азота, хлористого водорода и ряда других техногенных примесей, в отношении которых хозяйствующие субъекты выполняют мероприятия в рамках федерального проекта «Чистый воздух». Однако риски для населения остаются на недопустимом уровне. Так, при критерии допустимости индекса опасности 3,0 острый риск возникновения болезней органов дыхания в 2022 г. составил 3,24, хронический – 5,43.

**Ограничения исследования.** Анализ возможен только при наличии достаточных для оценки рисков данных инструментальных измерений в точках жилой застройки (не менее 300 разовых или 75 суточных проб по каждой примеси).

**Заключение.** Результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших действий по повышению безопасности среды обитания для жителей и продолжения мониторинга примесей, формирующих эти риски. Важнейшей задачей является организация систематического оперативного обмена данными между системами экологического и социально-гигиенического мониторинга, которая обеспечит максимально адекватную оценку санитарно-гигиенической ситуации и объективность оценки результативности и эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

**Ключевые слова:** атмосферный воздух; риски для здоровья; федеральный проект «Чистый воздух»; г. Братск

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требовало заключения о соблюдении этических принципов.

**Для цитирования:** Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В. Результативность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по ключевым показателям – качеству атмосферного воздуха и риску для здоровья населения г. Братска. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1367–1374. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-1374> <https://elibrary.ru/zkqowwh>

**Для корреспонденции:** Май Ирина Владиславовна, доктор биол. наук, профессор, зам. директора по научной работе ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь. E-mail: [may@fcrisk.ru](mailto:may@fcrisk.ru)

**Участие авторов:** Май И.В. – подготовка рукописи, дизайн статьи; Клейн С.В. – обработка данных; Максимова Е.В. – сбор и первичный анализ данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 30.10.2023 / Принята к печати: 15.11.2023 / Опубликовано: 28.12.2023

Irina V. May, Svetlana V. Kleyn, Ekaterina V. Maksimova

## Effectiveness of the activities of the federal project “Clean air” by the quality of atmospheric air and risk for the health (by means of the example of the city Bratsk)

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

**Introduction.** The study is relevant due to the necessity to adequately assess the effectiveness of activities performed within the “Clean Air” Federal Project using ambient air quality and public health risks as key performance indicators.

**The purpose of the work** was to comparatively assess ambient air quality and airborne health risks for Bratsk population over 2020–2022 when activities planned within the “Clean Air” Federal Project were being implemented in the city.

**Materials and methods.** The analysis was based on data obtained by instrumental measurements of ambient air quality performed within social-hygienic monitoring programs. More than thirty thousand measuring results were considered; they covered 20 chemicals and were taken at two monitoring posts. Carcinogenic and acute and chronic non-carcinogenic health risks were assessed in conformity with the existing regulatory documents.

**Results.** Between 2020 and 2022, a decrease in ground levels of particulate matter, sulfur dioxide, nitrogen oxides, hydrogen chloride, and some other technogenic chemicals was registered at social-hygienic monitoring posts in Bratsk. These chemicals were subject to specific activities stipulated by the “Clean Air” Federal Project and performed by economic entities. However, public health risks remained impermissible. Thus, an acute risk of respiratory diseases equaled 3.24 during 2022 and a chronic risk of respiratory diseases reached 5.43 in the same year whereas their permissible level should not exceed 3.0.

**Limitations.** Analysis is possible only if there is a sufficient number of instrumental studies at points located in residential buildings to assess the risk (least 300 one-time or 75 daily samples for each impurity).

**Conclusion.** The study results indicate still necessary to take further efforts to provide a safer environment for Bratsk population and to continue monitoring of chemicals that create impermissible health risks. The most important task is to manage systemic operative data exchange between systems for environmental

and social-hygienic monitoring to provide adequate assessment of a sanitary-hygienic situation as well as objective evaluation of key performance indicators of the “Clean Air” Federal Project

**Keywords:** ambient air; health risks; Clean Air Federal Project; Bratsk

**Compliance with ethical standards.** The study does not require any statement on compliance with ethical principles.

**For citation:** May I.V., Klein S.V., Maksimova E.V. Effectiveness of the activities of the federal project “Clean air” by the quality of atmospheric air and risk for the health (by means of the example of the city Bratsk). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1367–1374. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-1374> <https://elibrary.ru/zkowwh> (In Russ.)

**For correspondence:** Irina May, MD, PhD, DSci., Prof., Deputy Director on Science, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045 Russian Federation. E-mail: may@fcrisk.ru

**Information about author:**

May I.V., <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016> Kleyn S.V., <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713> Maksimova E.V., <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>

**Contribution:** May I.V. – writing the text, design of the article; Kleyn S.V. – data analysis; Maksimova E.V. – data collection and primary analysis. 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.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: October 30, 2023 / Accepted: November 15, 2023 / Published: December 28, 2023

## Введение

Город Братск – один из городов, вошедших в первый пул федерального проекта «Чистый воздух». В городе на учёте состоит порядка 2200 источников выбросов 112 видов загрязняющих веществ: 1627 источников 134 предприятий и организаций города, 459 автономных источников теплоснабжения и 116 участков улично-дорожной сети.

На момент старта федерального проекта (2017 г.) на постах экологического мониторинга фиксировали превышения гигиенических нормативов по бенз(а)пирену до 9 ПДК<sub>с.с.</sub>; взвешенным веществам – до 34,8 ПДК<sub>м.р.</sub>, до 1,9 ПДК<sub>с.с.</sub>; диоксиду азота – до 7 ПДК<sub>м.р.</sub>, до 1,1 ПДК<sub>с.с.</sub> и иным примесям (оксиду углерода, сероводороду, сероуглероду, формальдегиду, фториду водорода) [1, 2]. Риски для здоровья населения оценивались как «высокие» как при кратковременном, так и при длительном воздействии атмосферных загрязнений [3, 4]. В городе фиксируются повышенные уровни заболеваемости населения, в том числе онкологической [5, 6].

Федеральный проект «Чистый воздух» в качестве важнейшего целевого показателя предусматривает существенное снижение выбросов загрязняющих веществ, в том числе опасных – оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Для Братска была поставлена задача снизить к 2024 г. суммарные годовые выбросы на 22% или порядка 25 тыс. тонн<sup>1</sup>. Сокращение совокупного объёма выбросов опасных загрязняющих веществ к 2024 г. должно составить 5,3 тыс. тонн (10,84% от уровня 2017 г.).

Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в г. Братске утверждён заместителем Председателя Правительства Российской Федерации от 11.04.2022 г. № 3612п-П11. Основными мероприятиями, предусмотренными Комплексным планом, являются следующие меры:

- снижение выбросов промышленных предприятий;
- замещение средств общественного транспорта низкого экологического класса транспортными средствами, работающими на газомоторном топливе, с развитием обеспечивающего комплекса объектов;
- развитие коммунальной инфраструктуры энергоснабжения (строительство межпоселкового магистрального газопровода до Падунского и Центрального районов г. Братска), включая газификацию жилых домов, частных домовладений, зданий различного назначения, строительство котельной, работающей на природном газе;
- увеличение площади озеленения (строительство городского парка, включая разработку проектно-сметной документации, озеленение г. Братска).

<sup>1</sup> Паспорт регионального проекта «Чистый воздух» (Иркутская область). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/ecology/> (дата обращения: 25.09.2022 г.).

Комплексный план реализуется поэтапно. Так, одно из крупнейших предприятий города ПАО «РУСАЛ Братск» по итогам 2021 г. отчиталось за освоение средств на модернизацию 198 электролизёров при внедрении технологии «Экологический Содерберг»; за мероприятия по повышению эффективности горелочных устройств и герметизации технологического оборудования; за строительство и ввод в эксплуатацию высокоэффективной «сухой» газоочистки и т. п. Предприятие декларирует постепенное снижение выбросов в атмосферу (2020 г. – 78,3 тыс.т/год; 2021 г. – 76,2 тыс.т/год; 2022 г. – 74,6 тыс.т/год).

Филиал АО «Группа Илим» в г. Братске в качестве воздухоохранного мер рассматривает модернизацию содорегенерационного котла; повышение эффективности газоочистного оборудования; внедрение системы утилизации дурнопахнущих газов. Предприятие в 2020 г. завершило работы по модернизации СРК-11 с установкой электрофильтров. Только в 2021 г. предприятие направило на мероприятия по охране атмосферного воздуха более 42,6 млн рублей. По данным самого предприятия, продолжена реализация мероприятий по утилизации низкоконцентрированных серосодержащих газов, по повышению эффективности газоочистного оборудования и сокращению выбросов пыли. Целый ряд мер запланирован на ООО «Байкальская энергетическая компания», ООО «Братский завод ферросплавов» и других объектах. Фактически все промышленные предприятия отчитываются о сокращении выбросов<sup>2</sup>.

Вместе с тем снижение массы выброса не может рассматриваться как единственный показатель, характеризующий степень повышения экологической безопасности населения. Важнейшим показателем и ключевым элементом оценки результативности и эффективности мероприятий федерального проекта являются характеристики качества среды обитания, состояние здоровья населения, удовлетворённости жителей комфортностью условий проживания [7–9].

Национальные проекты планируются и финансируются государством именно в интересах населения как основного ресурса страны [7, 10]. Вместе с тем уловить в коротком временном интервале и оценить изменения уровней заболеваемости и смертности населения вследствие внедряемых воздухоохранного мер представляется достаточно сложным. В этой связи рассматривали методологию оценки риска для здоровья как наиболее адекватный инструмент оценки вероятных изменений в состоянии здоровья населения, связанных с динамикой качества атмосферного воздуха [11–14].

*Цель исследования* – сравнительная оценка качества атмосферного воздуха и аэрогенного риска для здоровья населения г. Братска за период 2020 – 2022 гг., в течение которого в городе реализовались меры в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

<sup>2</sup> Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2022 году». Иркутск: ООО «Максима», 2023. 285 с.: ил.

## Материалы и методы

Основой для оценки риска являлись данные инструментальных измерений качества атмосферного воздуха, выполненных в 2020–2022 гг. в рамках программ социально-гигиенического мониторинга (СГМ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» (аттестат аккредитации испытательной лаборатории РОСС RU 001.510243). Все исследования выполнялись по полной программе.

Учитывали данные измерений на двух постах, один из которых расположен в Центральном районе города, второй – в жилом районе «Гидростроитель». Точки для размещения постов наблюдения выбраны на основании результатов сводных расчётов рассеивания. Расчёты позволили выделить на территории города зоны с разными уровнями загрязнения атмосферы и разными значениями рисков для здоровья жителей. Критериями выбора места расположения поста являлись: относительная однородность уровня загрязнения атмосферы, близость и плотность жилой застройки (населения под воздействием). Пост в Центральном районе города характеризует наиболее загрязнённую зону города, расположен в зоне плотной жилой застройки и является репрезентативным для территории, на которой проживает 139,2 тыс. человек. Пост в районе «Гидростроитель» расположен в зоне минимального загрязнения, в жилой зоне и является репрезентативным для территории Правобережного района, в котором проживает 35,5 тыс. человек. Таким образом, мониторинг качества воздуха даёт представление об условиях среды обитания и рисках для здоровья для порядка 80% населения города.

Осредняли данные по городу в соответствии с Руководящим документом РД 52.04.667–2005<sup>3</sup>. В рассмотрение при-

<sup>3</sup> РД 52.04.667–2005 Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, обществественности и населения. М., 2006. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://krassecology.ru/Data/Docs/rd52.04.667-2005.pdf> (дата обращения: 25.09.2022 г.).

нимали все измеряемые химические примеси, по которым имеются данные о критериях воздействия и поражаемых органах и системах. Наблюдения, которые обеспечивали корректную оценку риска для здоровья (не менее 300 разовых и (или) 75 суточных проб, равномерно распределённых по сезонам года), в Братске выполнялись с 2020 г. Только в 2022 г. на территории г. Братска было отобрано и проанализировано 10,001 тыс. проб атмосферного воздуха.

Для оценки канцерогенного риска и неканцерогенного риска, обусловленного хроническими воздействиями химических веществ, применяли верхние 95%-е доверительные границы среднегодового диапазона, установленные по среднесуточным концентрациям. Для расчёта рассматривали данные за 12 мес, предшествовавших исследуемому, включая исследуемый месяц.

Для оценки острых воздействий использовали 95-й перцентиль из разовых концентраций (или среднесуточных, там, где осуществляли суточный отбор в одну пробу), замеренных на посту в течение анализируемого месяца.

Если для отдельного вещества более чем в 5% проб регистрировали значения выше порога определения, для всех случаев измерений «ниже порога определения» применяли значение 0,5 порога определения. Если в ходе измерений более чем в 95% проб регистрировали значения ниже порога определения, вещество исключали из оценки риска для здоровья.

В условиях, когда чувствительность метода измерения на постах была ниже референтного уровня вещества, вещество исключали из рассмотрения.

Расчёты риска выполняли в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920–04)<sup>4</sup>. Принимали во внимание результа-

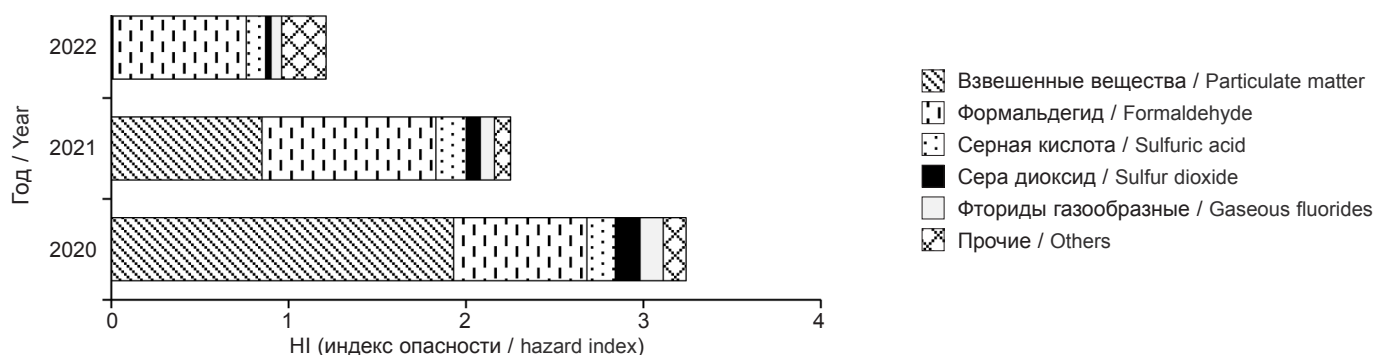
<sup>4</sup> РД 2.1.10.1920–04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 25.09.2022 г.).

Таблица 1 / Table 1

**Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Братска по данным социально-гигиенического мониторинга 2020–2022 гг., доли ПДК<sub>м.р.</sub>**

**Maximum single levels of pollutants in ambient air in Bratsk according to social-hygienic monitoring data in 2020–2022, shares of single maximum MPL**

Наименование вещества Substance name	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup> s.m.MPL mg/m <sup>3</sup>	Доли ПДК <sub>м.р.</sub> Shares of s.m.MPL			Частота превышений ПДК <sub>м.р.</sub> , % Frequency of levels higher than s.m.MPL, %		
		2020	2021	2022	2020	2021	2022
Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	0.4	0.38	0.50	0.10	0	0	0
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	0.2	1.35	0.47	0.34	1.25	0	0
Бензол / Benzene	0.3	3.33	8.00	1.67	0.63	2.11	0.83
Сера диоксид / Sulfur dioxide	0.5	1.60	2.32	0.10	0.31	0.35	0
Углерод (сажа) / Carbon (black)	0.15	1.40	1.80	0.10	0.48	0.70	0
Фториды газообр. / Gaseous fluorides	0.02	3.30	4.05	0.95	6.25	3.17	0
Хлор / Chloride	0.1	1.72	1.00	0.73	1.56	0	0
Частицы PM <sub>10</sub> / PM <sub>10</sub>	0.3	0.60	1.63	НПО / BDL	0	0.35	0
Фенол / Phenol	0.01	10.00	2.30	4.1	10.9	1.41	1.33
Гидрохлорид / Hydrochloride	0.2	0.36	0.38	0.75	0	0	0
Диметилбензол (смесь изомеров) Dimethyl benzene (isomer mixture)	0.2	1.75	1.40	1.0	3.13	0.35	0
Метилбензол / Methyl benzene	0.6	1.13	0.12	0.38	0.63	0	0
Серная кислота / Sulfuric acid	0.3	0.73	0.17	0.12	0	0	0
Сероуглерод / Carbon disulfide	0.03	0.33	1.00	НПО / BDL	0	0	0
Углерода оксид / Carbon oxide	5	1.00	0.50	0.17	0	0	0
Формальдегид / Formaldehyde	0.05	1.74	1.72	1.44	2.50	1.06	1.7
Этилбензол / Ethyl benzene	0.02	2.90	0.85	3.6	5.31	0	1.3



**Рис. 1.** Динамика изменения и структура факторов острого риска формирования болезней органов дыхания при кратковременном воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Братска (2020–2022 гг.).

**Fig. 1.** Trend in changes and structure of factors responsible for acute respiratory risks under short-term exposure to airborne chemical pollutants in Bratsk (2020–2022).

ты измерений только тех примесей, для которых установлены референтные уровни воздействия и указаны критические поражаемые органы и системы. Принимая во внимание, что частицы  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  являются фракциями взвешенных частиц, в расчёт риска включали только  $PM_{10}$ , как это принято в большинстве современных исследований по оценке риска для исключения аггравации риска.

В качестве критериев для характеристики риска применяли данные таблицы «Классификация уровней риска» методических рекомендаций МР «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия человека»<sup>5</sup>.  $HI \leq 1$  характеризовали как риск низкий (целевой),  $HI$  от 1 до 3 – как допустимый, от 3,1 до 6 – как недопустимый, настораживающий,  $HI$  выше 6 – как недопустимый, высокий.

## Результаты

Гигиеническая оценка качества воздуха по данным СГМ показала, что в течение периода наблюдения (2020–2022 гг.) качество воздуха претерпело позитивные изменения (табл. 1). Динамика снижения регистрируемых максимальных разовых концентраций зафиксирована по диоксиду азота, бензолу, взвешенным веществам, саже, хлору сероводороду (дигидросульфиду). Вместе с тем в 2022 г., как и в предыдущие годы, в городе зафиксированы превышения гигиенических нормативов по бензолу, фенолу, формальдегиду и этилбензолу.

Наибольшую настороженность вызывали уровни регистрируемых химических веществ, которые при кратковременных воздействиях влияют на органы дыхания. К таким веществам относили: оксид (II) азот и азота диоксид (референтные концентрации 0,72 и 0,47  $mg/m^3$  соответственно),  $PM_{10}$  (0,15  $mg/m^3$ ), фтористые соединения (0,25  $mg/m^3$ ), фенол (6  $mg/m^3$ ), гидрохлорид (2,1  $mg/m^3$ ), серную кислоту (0,1  $mg/m^3$ ), формальдегид (0,048  $mg/m^3$ ) и ряд других веществ.

Оценка рисков для здоровья при кратковременных воздействиях показала, что в 2020 г. фиксировался настораживающий риск в отношении органов дыхания ( $HI = 3,24$ ) и допустимый риск в отношении воздействий на развивающееся потомство ( $HI = 1,57$ ) и на иммунную систему и кровь ( $HI = 1,48$ ). В отношении иных органов и систем острый риск характеризовался как низкий ( $HI < 1$ ). Факторами риска в отношении болезней органов дыхания являлись взве-

шенные вещества (почти 60% вклада в риск), формальдегид (23%), серная кислота (5%), сера диоксид (4%).

За два года острый риск снизился в основном за счёт снижения наблюдаемых концентраций взвешенных веществ, серной кислоты, диоксида серы (рис. 1).

Анализ динамики среднегодовых концентраций также показал некоторое улучшение ситуации (табл. 2). По данным постов СГМ, снизились среднегодовые концентрации бенз(а)пирена, взвешенных частиц, фенола, сажи (углерода). Однако при этом в целом по городу среднегодовые концентрации нескольких веществ превысили ПДК<sub>с.г.</sub> и составили: бензол (до 1,68 ПДК<sub>с.г.</sub>), серная кислота (до 2 ПДК<sub>с.г.</sub>), формальдегид (до 1,71 ПДК<sub>с.г.</sub>). Все превышения регистрировали в зоне репрезентативности поста, расположенного в Центральном районе Братска. Результаты СГМ использовали для оценки канцерогенного и неканцерогенного хронического риска для здоровья жителей города.

Из измеренных на постах веществ пять обладали канцерогенными свойствами и формировали у лиц под экспозицией риски возникновения злокачественных новообразований.

Уровень индивидуального канцерогенного риска в 2020 и 2021 гг. характеризовался как недопустимый, настораживающий: 2020 г. –  $2,09 \cdot 10^{-4}$ ; 2021 г. –  $2,45 \cdot 10^{-4}$ . В 2022 г. уровень риска снизился и составил  $8,3 \cdot 10^{-5}$ , что характеризуется как риск допустимый. Однако обращает на себя внимание, что риск остаётся близким к верхней границе допустимого диапазона и требует продолжения постоянного наблюдения и оценки. Основной вклад в канцерогенный риск, по данным СГМ, вносят в городе бензол и формальдегид, суммарный вклад прочих канцерогенов не превышает 3%.

Риски для здоровья населения при длительном хроническом загрязнении воздуха формируются целым комплексом химических веществ. Взвешенные частицы, формальдегид, оксиды азота, гидрохлорид, серная кислота, оксид алюминия, фенол и пр. – все эти вещества обладают свойствами негативного влияния на органы дыхания. Следствием высоких концентраций (превышающих референтные уровни или близкие к их верхней границе) таких примесей, как серная кислота, формальдегид, фенол, оксид алюминия, а в 2020 и 2021 гг. – взвешенные вещества, – риски для здоровья населения города характеризовались как недопустимые, высокие (табл. 3).

Такие риски являются характерными для жителей Центрального района. Снижение регистрируемых концентраций загрязняющих веществ определило и снижение уровней риска, который, по данным 2022 г., характеризовался как «настораживающий», однако по-прежнему являлся недопустимым. Структура факторов риска приведена на рис. 2.

Снижение уровня риска определялось прежде всего понижением содержания в воздухе пылей (взвешенных веществ), фенола, азота диоксида.

<sup>5</sup> МР 2.1.10.01.56–19 Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия человека. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_415503/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415503/) (дата обращения: 25.09.2022 г.).

Таблица 2 / Table 2

**Среднегодовые концентрации химических веществ, зарегистрированные на постах социально-гигиенического мониторинга в г. Братске (2020–2022 гг.)****Average annual levels of chemicals identified at social-hygienic monitoring posts in Bratsk (2020–2022)**

Наименование вещества Substance name	SFI*	ПДК <sub>с.г.</sub> , мг/м <sup>3</sup> , av.an.MPL, mg/m <sup>3</sup>	RfC**, мг/м <sup>3</sup> , (mg/m <sup>3</sup> )	Среднегодовые концентрации, доли ПДК <sub>с.г.</sub> /e.c. Average annual levels, shares of av.an.MPL		
				2020	2021	2022
Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	0.04	0.04	2.15	0.27	0.01
Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	3.9	0.000001	0.000001	13.8	9.50	0.83
Бензол / Benzene	0.027	0.005	0.03	5.94	15.2	1.68
Взвешенные вещества / Particulate matter	–	0.075	0.075	3.88	2.82	НПО BDL
Сера диоксид / Sulfur dioxide	–	0.05***	0.05	7.70	7.90	0.08
Углерод / Carbon	0.0155	0.025	0.05	2.29	2.50	0.01
Фтористые газообразные соединения / Gaseous fluorides	–	0.005	0.03	2.61	3.54	0.82
Алюминий и его соединения / Aluminum and its compounds	–	0.005	0.005	1.11	0.88	0.62
Частицы PM <sub>10</sub> / Particle PM <sub>10</sub>	–	0.04	0.05	0.88	6.17	НПО BDL
Взвешенные частицы PM <sub>2.5</sub> / Suspended particles PM <sub>2.5</sub>	–	0.025	0.015	2.64	5.79	НПО BDL
Гидроксибензол (фенол) / Hydroxybenzene (phenol)	–	0.003	0.0023	8.92	2.11	0.76
Гидрохлорид (по молекуле HCl) / Hydrochloride (as per HCl molecule)	–	0.02	0.02	0.45	0.53	0.18
Дигидросульфид / Dihydrosulfide	–	0.002	0.002	–	–	0.08
Диметилбензол / Dimethyl benzene	–	0.1	0.1	–	–	0.34
Свинец и его неорганические соединения Lead and its inorganic compounds	0.042	0.00015	0.0005	0.69	0.33	0.14
Серная кислота / Sulfuric acid	–	0.001	0.001	1.00	0.28	2.00
Углерода оксид / Carbon oxide	–	3	3	0.71	0.21	0
Формальдегид / Formaldehyde	0.046	0.003	0.003	6.68	4.65	1.71
Этилбензол / Ethyl benzene	0,00385	0.04	1.0	–	–	0.06

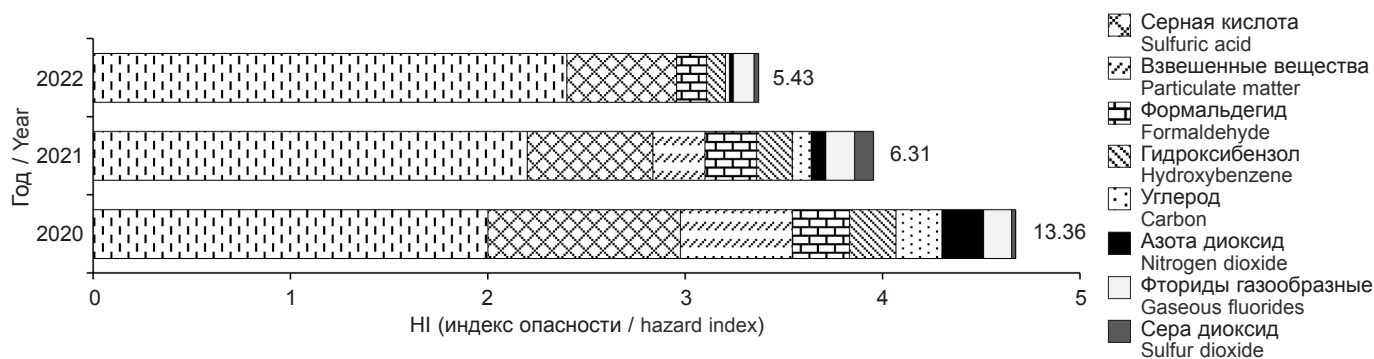
Примечание. \*SF – фактор канцерогенного потенциала, 1/мг/кг-день. \*\*Референтная концентрация, которую применяли при оценке канцерогенного и хронического риска для здоровья. \*\*\* ПДК<sub>с.г.</sub>

Note: \*SF – cancerogenic potential factor, 1/mg/kg-day. \*\*Reference concentration that was applied when assessing carcinogenic and chronic health risks; \*\*\*average daily MPL.

Таблица 3 / Table 3

**Показатели хронического неканцерогенного риска нарушений здоровья при длительном воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Братска****Levels of chronic non-carcinogenic health risks under long-term exposure to airborne chemical pollutants in Bratsk**

Поражаемые органы и системы Exposed organs and systems	Хронический неканцерогенный риск при длительном воздействии Chronic non-carcinogenic risk under long-term exposure			Основные факторы риска (на 2022 г.) Basic risk factors (as of 2022)
	2020	2021	2022	
Органы дыхания Respiratory organs	13.36 Высокий High	6.31 Высокий High	5.43 Настораживающий Alerting	Серная кислота, формальдегид, взвешенные вещества, гидроксибензол гидрохлорид Sulfuric acid, formaldehyde, particulate matter, hydroxybenzene hydrochloride
Кровь Blood	17.54 Высокий High	17.83 Высокий High	4.41 Настораживающий Alerting	Бензол, азота диоксид Benzene, nitrogen dioxide



**Рис. 2.** Динамика изменения и структура факторов риска формирования болезней органов дыхания при длительном воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Братска (2020–2022 гг.).

**Fig. 2.** Trend in changes and structure of factors responsible for chronic respiratory risks under long-term exposure to airborne chemical pollutants in Bratsk (2020–2022).

## Обсуждение

Полученные данные являются дополнительным подтверждением того, что включение Братска в перечень городов федерального проекта «Чистый воздух» является не случайным. Недопустимые риски для здоровья как при остром, так и при хроническом воздействии свидетельствуют о реальных опасностях и угрозах для жизни и здоровья жителей города [15, 16]. Снижение уровня загрязнения атмосферы и соответственно рисков для здоровья жителей — объективное доказательство выполнения мероприятий по сокращению выбросов. Данное положение подтверждается рядом исследований, в том числе выполненных в городах, включённых в федеральный проект «Чистый воздух», — Омске, Нижнем Тагиле, Красноярске, Чите и др. [17–21].

Вместе с тем очевидно, что принятых мер недостаточно, и обеспечение безопасности населения как состояния, при котором отсутствуют недопустимые риски, требует дальнейших действий как со стороны хозяйствующих субъектов, так и со стороны государственных регуляторов.

Также необходимо отметить, что по ряду компонентов на постах Росгидромета фиксируются более низкие, по ряду веществ — более значительные, чем на постах Роспотребнадзора, концентрации вредных веществ. Так, по бенз(а)пирену, сероуглероду и мелкодисперсным частицам система экологического мониторинга фиксирует более высокие уровни загрязнения, чем по СГМ, по фтористым соединениям, фенолу, формальдегиду — более низкие. Некоторые расхождения скорее всего связаны с особенностями размещения постов мониторинга, поскольку обе системы ведут мониторинг по полным программам и обеспечивают корректную оценку качества воздуха. Так, посты управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в Братске расположены ближе к промплощадке ПАО «РУСАЛ Братск» — основному источнику выбросов бенз(а)пирена в атмосферу города, что определяет уровни фиксируемых концентраций данной примеси.

При этом на посту СГМ регистрируются значительные, превышающие гигиенические нормативы и референтные уровни концентрации бензола, не фиксируемые системой

экологического мониторинга. При этом бензол является фактором недопустимого риска болезней крови и вносит существенный вклад в канцерогенный риск.

В целом ситуация свидетельствует о том, что для максимально адекватной оценки риска для здоровья населения и оценки эффективности и результативности мероприятий федерального проекта целесообразно получать и обрабатывать максимально полные данные о качестве воздуха, что может быть обеспечено при системном межведомственном взаимодействии и информационном обмене.

## Заключение

Выполненный по данным СГМ анализ качества атмосферного воздуха и уровней аэрогенных рисков для здоровья населения г. Братска за период 2020–2022 гг. показал в целом улучшение санитарно-эпидемиологической ситуации в городе. Зарегистрировано снижение приземных концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, оксидов азота, хлористого водорода и ряда других техногенных примесей, в отношении которых хозяйствующие субъекты выполняют мероприятия в рамках федерального проекта «Чистый воздух». Вместе с тем риски для населения, прежде всего хронические, остаются на недопустимом уровне, что свидетельствует о необходимости дальнейших действий по повышению безопасности среды обитания для жителей и продолжению мониторинга примесей, формирующих эти риски.

Важнейшей задачей является организация систематического оперативного обмена данными между системами экологического и социально-гигиенического мониторинга, что обеспечит максимально адекватную оценку санитарно-гигиенической ситуации и объективность оценки результативности и эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Представляется, что оценка динамики изменения санитарно-эпидемиологической ситуации, по данным инструментальных измерений качества воздуха и показателям, характеризующим риски для здоровья, а в дальнейшем и по показателям фактического здоровья населения, может и должна быть выполнена для всех городов, включённых в федеральный проект.

## Литература

1. Максимова Е.В., Кокоулина А.А., Пережогин А.Н., Жданова-Заплесвичко И.Г. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Братска до реализации мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». В кн.: Попова А.Ю., Зайцева А.Ю., ред. *Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2.* Пермь; 2020: 273–8. <https://elibrary.ru/cjojpf>
2. Кайль Я.Я., Федин С.В. Анализ и оценка влияния результатов деятельности промышленных предприятий на экологическую комфортность проживания населения города. *Фундаментальные исследования.* 2016; (5–2): 339–44. <https://elibrary.ru/wbcxgf>
3. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Парамонов В.В., Кузьмина М.В., Гребенщикова В.И. Оценка химического загрязнения и риска для здоровья населения Иркутской области. *География и природные ресурсы.* 2016; (S6): 99–103. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-6\(99-103\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(99-103)) <https://elibrary.ru/xqrxv>

## Original article

- Четверкина К.В. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного ингаляционным поступлением поллютантов из атмосферного воздуха, в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере гг. Братска, Красноярска, Норильска, Читы). В кн.: Попова А.Ю., Зайцева А.Ю., ред. *Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2.* Пермь; 2020: 268–72. <https://elibrary.ru/fazdtu>
- Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью.* 2020; (2): 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02> <https://elibrary.ru/vkgtjq>
- Балаболкин И.И., Терлецкая Р.Н., Модестов А.А. Аллергическая заболеваемость детей в современных экологических условиях. *Сибирское медицинское обозрение.* 2015; (1): 63–7. <https://elibrary.ru/twkuhl>
- Марцынковский О.А., Двинянина О.В., Васкина А.А., Романов А.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни. *Стандарты и качество.* 2022; (3): 93–5. <https://elibrary.ru/fohatu>
- Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью.* 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/mlcdpg>
- Лебедева-Несевря Н.А., Барг А.О., Корнилицына М.Д. Оценка удовлетворенности населения качеством атмосферного воздуха города – участника федерального проекта «Чистый воздух». *Гигиена и санитария.* 2023; 102(5): 426–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-426-432> <https://elibrary.ru/dnckdv>
- Васильев В.П., Сушко В.А. Качество жизни как показатель эффективности государственного управления. *Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология.* 2021; 27(4): 235–57. <https://doi.org/10.24290/1029-3736-2021-27-4-235-257> <https://elibrary.ru/euytdq>
- Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Митягина А.В., Погонина Т.А. Опыт и перспективы применения анализа риска здоровью при реализации федерального проекта «Чистый воздух» для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева А.Ю., ред. *Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2.* Пермь; 2020: 231–9. <https://elibrary.ru/meagxq>
- Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний. *Анализ риска здоровью.* 2019; (4): 30–6. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03> <https://elibrary.ru/filvrk>
- Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? *Экологический вестник России.* 2020; (3): 58–68. <https://elibrary.ru/owuyog>
- Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Neville T., Bos R., Neira M. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *J. Public Health (Oxf.).* 2017; 39(3): 464–75. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw085>
- Шлычков А.П., Минакова Е.А., Игонин Е.И. Канцерогенная нагрузка в муниципальных районах Республики Татарстан, обусловленная выбросами химических веществ в атмосферный воздух. *Российский журнал прикладной экологии.* 2016; (2): 26–31. <https://elibrary.ru/wykbar>
- Kleyn S.V., Zaitseva N.V., Vekovshina S.A., Andrishunas A.M. Ambient air quality factors and people health. In: *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020: Conference Proceedings. Issue 4.2.* Sophia; 2020: 115–24. <https://doi.org/10.5593/sgem2020V4.2/s06.14> <https://elibrary.ru/kcaarpz>
- Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Фролова Н.М., Сазонова А.М. Определение дополнительного риска здоровью населения за счёт загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария.* 2018; 97(12): 1171–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1171-1178> <https://elibrary.ru/ysjkbk>
- Овчинникова Е.Л., Никитин С.В., Колчин А.С., Крига А.С., Плотникова О.В., Черкашина М.Н. и др. Респираторные риски, обусловленные загрязнением атмосферного воздуха, и заболеваемость органов дыхания у жителей города Омска. *Медицина труда и промышленная экология.* 2022; 61(1): 36–42. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-36-42> <https://elibrary.ru/nhjpkt>
- Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А., Цепилова Т.М., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н. и др. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации Федерального проекта «Чистый воздух» на примере комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО.* 2020; (9): 48–60. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60> <https://elibrary.ru/vkpkpb>
- Клейн С.В., Попова Е.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Читы – приоритетной территории федерального проекта «Чистый воздух». *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО.* 2020; (12): 16–22. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22> <https://elibrary.ru/tgyuar>
- Андрিশунас А.М., Клейн С.В., Горяев Д.В., Балашов С.Ю., Загороднов С.Ю. Гигиеническая оценка эффективности воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики. *Гигиена и санитария.* 2022; 101(11): 1290–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298> <https://elibrary.ru/nvntik>

## References

- Maksimova E.V., Kokoulina A.A., Perezhogin A.N., Zhdanova-Zaplesvichko I.G. Hygienic assessment of atmospheric air quality in Bratsk before the implementation of the federal project «Clean Air». In: *Health Risk Analysis – 2020, Jointly with the International Meeting on Environment and Health Rise-2020 and Work Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2].* Perm'; 2020: 273–8. <https://elibrary.ru/cjojpf> (in Russian)
- Kayl' Ya.Ya., Fedin S.V. Analysis and assessment of performance industrial enterprises to environmental comfort city living standards. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2016; (5–2): 339–44. <https://elibrary.ru/wbcxgf> (in Russian)
- Efimova N.V., Myl'nikova I.V., Paramonov V.V., Kuz'mina M.V., Grebenshchikova V.I. Assessment of chemical pollution and public health risks in the Irkutsk region. *Geografiya i prirodnye resursy.* 2016; (S6): 99–103. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-6\(99-103\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(99-103)) <https://elibrary.ru/xqrxv> (in Russian)
- Chetverkina K.V. Assessment of non-carcinogenic risk to public health caused by inhalation of pollutants from atmospheric air within the framework of the implementation of the federal project «Clean Air» (using the example of Bratsk, Krasnoyarsk, Norilsk, Chita). In: *Health Risk Analysis – 2020, Jointly with the International Meeting on Environment and Health Rise-2020 and Work Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2].* Perm'; 2020: 268–72. <https://elibrary.ru/fazdtu> (in Russian)
- Revich B.A., Khar'kova T.L., Kvascha E.A. Selected health parameters of people living in cities included into «Clean air» federal project. *Анализ риска здоровью.* 2020; (2): 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02> <https://elibrary.ru/xrppnb>
- Balabolkin I.I., Terletskaya R.N., Modestov A.A. Allergic child morbidity in actual ecological conditions. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie.* 2015; (1): 63–7. <https://elibrary.ru/twkuhl> (in Russian)
- Martsynkovskiy O.A., Dvinyanina O.V., Vas'kina A.A., Romanov A.V. Federal project «Clean air»: a new standard of living. *Стандарты и качество.* 2022; (3): 93–5. <https://elibrary.ru/fohatu> (in Russian)
- Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within «Pure air» federal project. *Анализ риска здоровью.* 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/ohxxbj>
- Lebedeva-Nesevrya N.A., Barg A.O., Kornilitsyna M.D. Assessment of estimating people's satisfaction with ambient air quality in a city participating in the «Clean air» federal project. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2023; 102(5): 426–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-426-432> <https://elibrary.ru/dnckdv> (in Russian)
- Vasil'ev V.P., Sushko V.A. Quality of life as an indicator of the effectiveness of public administration. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 18. Sotsiologiya i politologiya.* 2021; 27(4): 235–57. <https://doi.org/10.24290/1029-3736-2021-27-4-235-257> <https://elibrary.ru/euytdq> (in Russian)
- Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislicin V.A., Mityagina A.V., Pogonina T.A. Experience and prospects for using health risk analysis in the implementation of the federal project «Clean Air» to ensure the sanitary and epidemiological well-being of the population. In: *Health Risk Analysis – 2020, Jointly with the International Meeting on Environment and Health Rise-2020 and Work Table on Food Safety: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2].* Perm'; 2020: 231–9. <https://elibrary.ru/meagxq> (in Russian)
- Rakitskiy V.N., Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislicin V.A. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Анализ риска здоровью.* 2019; (4): 30–5. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03> <https://elibrary.ru/rgbvkn>
- Revich B.A. How effective is «Clean air» for health in 12 cities project? *Экологический вестник России.* 2020; (3): 58–68. <https://elibrary.ru/owuyog> (in Russian)

14. Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Neville T., Bos R., Neira M. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *J. Public Health (Oxf.)*. 2017; 39(3): 464–75. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw085>
15. Shlychkov A.P., Minakova E.A., Igonin E.I. The cancerogenic loading in the municipal regions of the Republic of Tatarstan caused by emissions of chemicals in atmospheric air. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii*. 2016; (2): 26–31. <https://elibrary.ru/wykbbar> (in Russian)
16. Kleyn S.V., Zaitseva N.V., Vekovshina S.A., Andrishunas A.M. Ambient air quality factors and people health. In: *20<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM 2020: Conference Proceedings. Issue 4.2*. Sophia; 2020: 115–24. <https://doi.org/10.5593/sgem2020V/4.2/s06.14> <https://elibrary.ru/kcaapz>
17. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V., Kopytenkova O.I., Frolova N.M., Sazonova A.M. Determination of additional health risk due to pollutants in ambient air during operation of road-vehicles complex. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(12): 1171–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1171-1178> <https://elibrary.ru/ysjkbm> (in Russian)
18. Ovchinnikova E.L., Nikitin S.V., Kolchin A.S., Kriga A.S., Plotnikova O.V., Cherkashina M.N., et al. Respiratory risks caused by atmospheric air pollution and respiratory morbidity among residents of Omsk. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2022; 61(1): 36–42. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-1-36-42> <https://elibrary.ru/nhjpkt> (in Russian)
19. Yarushin S.V., Kuz'min D.V., Shevchik A.A., Tsepilova T.M., Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., et al. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the federal «Clean air» project on the example of the comprehensive emission reduction action plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (9): 48–60. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60> <https://elibrary.ru/vkppnb> (in Russian)
20. Kleyn S.V., Popova E.V. Hygienic assessment of ambient air quality in Chita, a priority area of the federal «Clean air» project. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (12): 16–22. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22> <https://elibrary.ru/tgyyar> (in Russian)
21. Andrishunas A.M., Kleyn S.V., Goryaev D.V., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu. Hygienic assessment of air protection activities at heat-and-power engineering enterprises. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(11): 1290–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298> <https://elibrary.ru/nvntik> (in Russian)