



## Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне

И.В. Май, С.В. Клейн, Е.В. Максимова, С.Ю. Балашов

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, д. 82., г. Пермь, 614045, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Федеральный проект «Чистый воздух» разработан и реализуется в целях улучшения состояния атмосферного воздуха и повышения качества жизни населения на 12 пилотных территориях, в т. ч. г. Братске. Адекватная программа наблюдения за качеством атмосферного воздуха, мониторинг приоритетных загрязняющих веществ и управление риском здоровью позволит улучшить качество жизни населения и достичь целевых показателей проектной деятельности государства.

**Целью исследования** являлась актуализация и оптимизация программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха г. Братска в задачах реализации национальных и федеральных проектов на региональном уровне.

**Материалы и методы.** Актуализированная программа исследований атмосферного воздуха г. Братска формировалась по данным расчетов рассеивания, верифицированных результатами инструментальных измерений 34 загрязняющих веществ на 5 постах Росгидромета и 3 постах Роспотребнадзора. Сводная база данных включала 2202 источника выбросов 112 веществ (суммарный учтенный выброс – 127 207 тонн/год). Гигиенический анализ и расчет риска здоровью осуществлялся с использованием стандартных подходов.

**Результаты.** Оценка качества атмосферного воздуха показала превышение гигиенических нормативов содержания 24 загрязняющих веществ (до 10,0 ПДК<sub>мр</sub>, 13,8 ПДК<sub>сс</sub>, 60 ПДК<sub>ср</sub>). В Братске формируются неприемлемые уровни риска здоровью населения в отношении 19 загрязняющих веществ (CR до  $1,82 \times 10^{-3}$ , HQ<sub>ас</sub> до 77,6, HQ<sub>ср</sub> до 142,8). Кластерный анализ результатов оценки риска здоровью населения позволил выделить на территории г. Братска 3 кластера. Показана целесообразность сокращения количества постов мониторинга в кластере № 1 до одного и оптимизация его расположения, перенос поста в кластере № 2 и размещение поста в кластере № 3 (в точках с наибольшим уровнем риска и плотностью населения). Оптимизация программы мониторинга предполагает сокращение количества исследуемых на постах Роспотребнадзора веществ до 8–15 соединений, не дублируя измеряемые показатели Росгидромета.

**Обсуждение.** Оптимизация программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в условиях изменяющейся санитарно-эпидемиологической обстановки позволит получать адекватную и своевременную информацию о качестве воздуха и разрабатывать соответствующие мероприятия по управлению риском здоровью населения.

**Ключевые слова:** программа мониторинга, загрязнение атмосферного воздуха, федеральный проект «Чистый воздух», оценка риска здоровью населения, кластерный анализ, геоинформационные системы.

**Для цитирования:** Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю. Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 15–24. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>

## Update of Ambient Air Pollution Monitoring Programs within Regional-Level Implementation of National Projects

Irina V. May, Svetlana V. Kleyn, Ekaterina V. Maksimova, Stanislav Yu. Balashov

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

### Summary

**Introduction:** The Federal Clean Air Project has been developed and is now implemented with the purpose of improving both ambient air quality and the quality of life of the population in 12 pilot cities, including Bratsk. An adequate air pollution control program, priority pollutant monitoring, and health risk management can facilitate improvement of the quality of human life and achievement of the targets of government projects.

**Objective:** To update and streamline the ambient air quality monitoring program in Bratsk within implementation of national and federal projects at the regional level.

**Materials and methods:** The updated air quality control program in Bratsk was based on the results of dispersion modeling verified by instrumental measurements of 34 pollutants at five monitoring stations of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) and three stations of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor). The consolidated database included 2,202 sources emitting 112 chemicals, with total emissions approaching 127,207 tons per year. Hygienic analysis and health risk assessment were performed according to conventional procedures.

**Results:** We established that airborne levels of 29 pollutants exceeded their maximum allowable concentrations (MAC), i.e. were up to 7.0 times higher than short-term MAC, 13.8 and 60 times higher than the average daily and annual MAC, respectively. We also found that 19 air contaminants posed unacceptable health risks for the local population (CR up to  $1.82 \times 10^{-3}$ , HQ<sub>ас</sub> up to 113.2, HQ<sub>ср</sub> up to 211.1). Cluster analysis of the results of health risk assessment allowed us to distinguish three clusters within the urban area. We substantiated cutting down the number of monitoring stations to one and its optimal location in Cluster 1, the expediency of moving the station in Cluster 2 and adding a station in Cluster 3 at the point of concern. Optimization of the air quality control program involves reducing the number of monitored pollutants to 8–15 chemicals that are not covered by Roshydromet air monitoring plan.

**Conclusions:** Given the changing sanitary and epidemiological situation, streamlining of air quality monitoring programs will provide relevant and timely information, thus contributing to elaboration of effective health risk management activities.

**Keywords:** monitoring program, ambient air pollution, Federal Clean Air Project, health risk assessment, cluster analysis, geographic information systems.

**For citation:** May IV, Kleyn SV, Maksimova EV, Balashov SYu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):15–24. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>

**Введение.** В целях улучшения состояния среды обитания и укрепления здоровья населения разработан и реализуется федеральный проект «Чистый воздух» (далее ФП «Чистый воздух»). Предполагается, что принимаемые меры обеспечат кардинальное снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха на 12 пилотных территориях городов – участников ФП «Чистый воздух» за счет снижения выбросов на 20 %<sup>1,2,3,4</sup>.

Город Братск с численностью населения более 220 тыс. человек и площадью 262,9 км<sup>2</sup> входит в список 12 территорий с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, на которых реализуется ФП «Чистый воздух». Основными загрязняющими веществами, формирующими высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, являются бенз(а)пирен, взвешенные вещества, сероуглерод, формальдегид, гидрофторид.

Комплексный план мероприятий в г. Братске направлен на снижение выбросов химических примесей в атмосферный воздух с показателя «очень высокий» (по данным 2017 года) до «повышенный» к 2024 году. Запланировано, что к 2024 году совокупный объем выбросов в атмосферный воздух города будет снижен на 30,48 тыс. тонн (23,7 % от уровня 2017 года), опасных загрязняющих веществ – на 5,58 тыс. тонн (11,41 % от уровня 2017 года)<sup>5</sup>.

В целях реализации мероприятий ФП «Чистый воздух», обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и укрепления здоровья населения в г. Братске в 2019 г. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в соответствии с МР 2.1.6.0157–19<sup>6</sup> были разработаны «Рекомендации по расширению числа постов и программ экологического мониторинга Росгидромета в г. Братске на период реализации ФП «Чистый воздух» для адекватной оценки влияния выбросов на здоровье населения и оценки эффективности реализуемых воздухоохраняющих мероприятий» (далее – Рекомендации). Рекомендации были подготовлены с использованием методических подходов в условиях отсутствия результатов сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ (раздел 5 МР 2.1.6.0157–19). Рекомендации содержали перечень из 30 приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу. Получение и использование сводной базы данных по источникам выбросов загрязняющих веществ на исследуемой территории позволило актуализировать и уточнить программу

мониторинга качества атмосферного воздуха на постах и перечень приоритетных веществ.

**Целью исследования** являлась актуализация и оптимизация программы наблюдения за качеством атмосферного воздуха г. Братска в задачах реализации национальных и федеральных проектов на региональном уровне.

**Материалы и методы.** Актуализация и сравнительная оценка программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в исследуемой территории (г. Братск) осуществлялась в соответствии с методическими подходами, изложенными в МР 2.1.6.0157–19 (разделы 4 и 5).

Информацией для формирования программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха являлись результаты сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу всеми стационарными и передвижными источниками г. Братска, и результаты инструментальных исследований содержания химических примесей в атмосферном воздухе на постах мониторинга.

Расчеты рассеивания выполнены с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог-Город» (версия 4.60.1) от 2202 источников выбросов, среди которых 1627 стационарных источников выбросов промышленных предприятий и хозяйствующих субъектов, 459 неорганизованных автономных источников теплоснабжения (АИТ), каждый из которых представляет собой совокупность труб котлов и печей определенной территории частной жилой застройки, и 116 источников выбросов автотранспорта – участков улично-дорожной сети г. Братска по 112 химическим примесям, выбрасываемым всеми источниками загрязнения атмосферного воздуха (суммарно 127,2 тыс. тонн в год). Расчет концентраций загрязняющих веществ проводился в 11,620 тыс. расчетных точках жилой застройки, соответствующих геометрическим центрам зданий и сооружений.

Пространственно-динамический анализ результатов инструментальных наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Братска выполняли по данным Братского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (5 постов) и Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» (3 поста) за 2018–2021 гг. по 38 примесям, в том числе:

– 5 общераспространенных примесей, присутствующих в выбросах автотранспорта, автономных

<sup>1</sup> Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22481/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/) (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>2</sup> Паспорт национального проекта «Экология», утв. 24 декабря 2018 года по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам. Официальный сайт правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>3</sup> Федеральный проект «Чистый воздух». Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/ecology/folder13/folder/> (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>4</sup> Чистый воздух. «Национальные проекты» — информационный ресурс о планах развития страны на ближайшее будущее и мерах по улучшению качества жизни людей. Материалы подготовлены объединенной редакцией АНО «Национальные приоритеты» и информационного агентства ТАСС. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya/chistyy\\_vozdukh](https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya/chistyy_vozdukh) (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>5</sup> Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Братске / утв. Заместителем Председателя Правительства Российской Федерации В. Абрамченко 11.04.2022 № 3612п-П11. Москва; 2022. 23 с.

<sup>6</sup> МР 2.1.6.0157–19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции населения для задач социально-гигиенического мониторинга» Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565246542> (дата обращения: 22.03.2023).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>  
Original Research Article

источников теплоснабжения и предприятий: азота диоксид, азот оксид, взвешенные вещества, сера диоксид, углерода оксид;

– 33 специфические примеси, обусловленные выбросами определенных отраслей производства: алюминий и его соединения, железо, марганец, медь, свинец, хром (VI), никель, 1-бутантиол, метантиол, пропан-1-тиол, этантиол, бенз(а)пирен, бензол, метилбензол, этилбензол, взвешенные частицы PM<sub>2.5</sub>, взвешенные частицы PM<sub>10</sub>, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (70–20 %), пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния (более 70 %), гидрохлорид, дигидросульфид, диметилбездол, диметилдисульфид, диметилсульфид, серная кислота, сероуглерод, скипидар, углерод, фенол, формальдегид, фториды неорганические плохо растворимые, фтористые газообразные соединения, хлор.

Точки размещения постов Братского ЦГМС и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» в г. Братске и Братском районе представлены на рисунке.

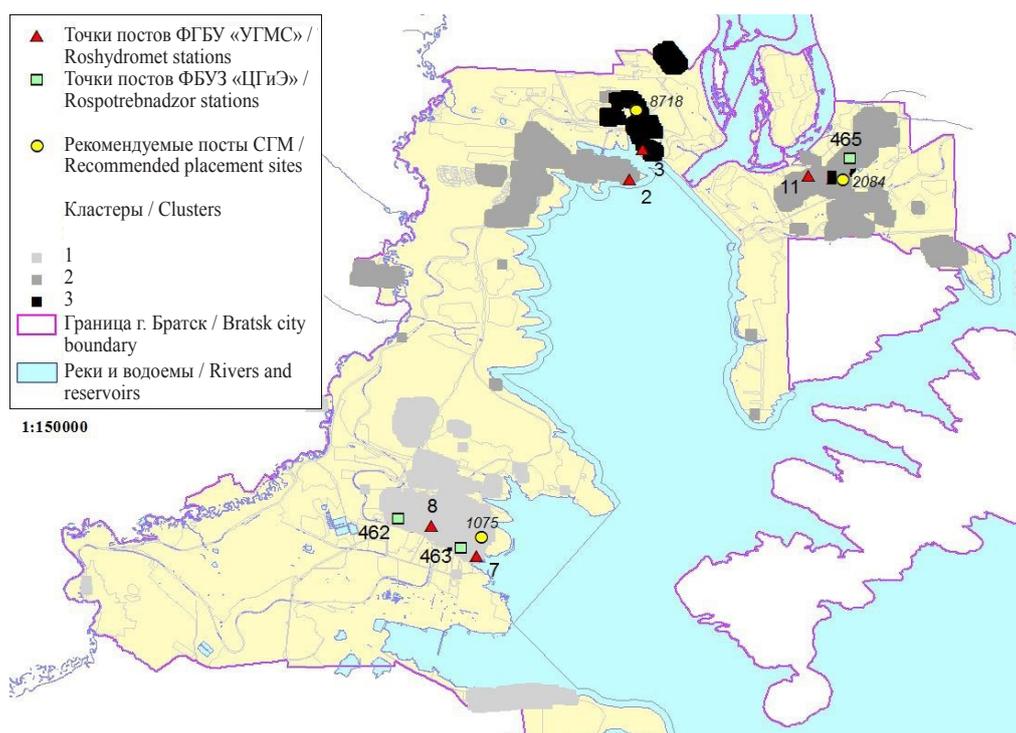
Расчетные и измеренные концентрации химических примесей оценивали на соответствие гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 1.2.3685–21<sup>7</sup>.

Результаты сводных расчетов рассеивания верифицировали данными инструментальных исследований качества атмосферного воздуха на постах мониторинга в соответствии с алгоритмом, изложенным в МР 2.1.6.0157–19.

Верифицированные и расчетные концентрации загрязняющих веществ использовали для определения параметров риска здоровью населения города Братск в каждой точке жилой застройки селитебной территории города (жилым зданием) в соответствии с требованиями руководства Р 2.1.10.1920–04<sup>8</sup>.

Количество кластеров задавалось исходя из численности населения города<sup>9</sup>. В каждом кластере была предложена оптимальная точка размещения поста мониторинга с учетом уровня формируемого риска здоровью и плотности населения. Для каждого поста мониторинга сформирована программа наблюдений и определен перечень веществ, подлежащих контролю в соответствии с МР 2.1.6.0157–19.

Полученную в соответствии с вышеописанным алгоритмом программу наблюдений за качеством атмосферного воздуха сравнивали с программой экологического мониторинга, рекомендованной Росгидромету в г. Братске на период реализации федерального проекта «Чистый воздух» для адекватной оценки влияния выбросов на здоровье



**Рисунок.** Расположение действующих в 2018–2021 гг. постов наблюдения, 3 кластеров и точек оптимального размещения постов мониторинга качества атмосферного воздуха в г. Братске

**Figure.** Location of three clusters, operating air quality monitoring stations and their optimum placement sites in the city of Bratsk, 2018–2021

<sup>7</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Официальный сайт «Техэксперт» электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>8</sup> Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 22.03.2023).

<sup>9</sup> РД 52-04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Официальный сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения: 22.03.2023).

населения и оценки эффективности реализуемых воздухоохраных мероприятий в 2019 г. Также полученную программу сопоставляли с текущей программой мониторинга, осуществляемой ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» в г. Братске и Братском районе.

**Результаты.** По результатам анализа многолетних (2018–2021 гг.) данных инструментальных исследований в г. Братске выявлены превышения гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе по 24 из 38 мониторируемых веществ: 1-бутантиола (до 7,0 ПДК<sub>мр</sub>), азота диоксида (до 3,5 ПДК<sub>мр</sub>, до 2,15 ПДК<sub>сс</sub>), бен(а)пирена (до 13,8 ПДК<sub>сс</sub>, до 12,7 ПДК<sub>сг</sub>), бензола (до 3,3 ПДК<sub>мр</sub>, до 5,9 ПДК<sub>сс</sub>, до 3,0 ПДК<sub>сг</sub>), взвешенных веществ (до 2,8 ПДК<sub>мр</sub>, до 3,9 ПДК<sub>сс</sub>, до 3,3 ПДК<sub>сг</sub>), взвешенных частиц РМ<sub>2.5</sub> (до 2,3 ПДК<sub>мр</sub>, до 2,6 ПДК<sub>сс</sub>), дигидросульфиды (до 2,0 ПДК<sub>мр</sub>), диметилбензола (ксилола) (до 1,8 ПДК<sub>мр</sub>), меди (до 3,0 ПДК<sub>сг</sub>), метилбензола (до 1,1 ПДК<sub>мр</sub>), никеля (до 2,0 ПДК<sub>мр</sub>), пропан-1-тиола (до 9,3 ПДК<sub>мр</sub>), серы диоксида (до 1,6 ПДК<sub>мр</sub>, до 7,7 ПДК<sub>сс</sub>), серной кислоты (до 4,7 ПДК<sub>сг</sub>), сероуглерода (до 4,7 ПДК<sub>мр</sub>, до 2,0 ПДК<sub>сг</sub>), углерода (сажи) (до 1,4 ПДК<sub>мр</sub>, до 2,2 ПДК<sub>сс</sub>), углерода оксида (до 4,1 ПДК<sub>мр</sub>), фенола (до 10,0 ПДК<sub>мр</sub>, до 8,9 ПДК<sub>сс</sub>, до 2,0 ПДК<sub>сг</sub>), формальдегида (до 2,0 ПДК<sub>мр</sub>, до 6,7 ПДК<sub>сс</sub>, до 6,7 ПДК<sub>сг</sub>), фторидов неорганических плохо растворимых (до 4,3 ПДК<sub>сс</sub>), фтористых газообразных соединений (до 4,5 ПДК<sub>мр</sub>, до 2,6 ПДК<sub>сс</sub>), хлора (до 1,7 ПДК<sub>мр</sub>, до 3,5 ПДК<sub>сс</sub>, до 60,0 ПДК<sub>сг</sub>), хрома (VI) (до 3,8 ПДК<sub>сг</sub>), этилбензола (до 2,9 ПДК<sub>мр</sub>).

По результатам расчетов рассеивания химических веществ в атмосферном воздухе г. Братска выявлены превышения гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе: марганца и его соединений (в пересчете на марганец (IV) оксид) (до 2,12 ПДК<sub>мр</sub>), азота диоксида (до 4,16 ПДК<sub>мр</sub>, до 1,03 ПДК<sub>сг</sub>), углерода оксида (до 2,49 ПДК<sub>мр</sub>), фтористых газообразных соединений (до 1,74 ПДК<sub>мр</sub>, до 1,70 ПДК<sub>сг</sub>), диметилбензола (до 3,88 ПДК<sub>мр</sub>), пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в % – более 70 (до 1,12 ПДК<sub>мр</sub>), пыли неорганической, содержащей двуокись кремния, в % – до 20 (до 2,78 ПДК<sub>мр</sub>), бенз(а)пирена (до 5,57 ПДК<sub>сс</sub>, до 5,57 ПДК<sub>сг</sub>).

В результате верификации расчетных концентраций данными инструментальных измерений содержания в атмосферном воздухе г. Братска 34 загрязняющих веществ (из 112, включенных в сводные расчеты рассеивания) были получены коэффициенты соответствия для максимальных разовых и среднегодовых концентраций. Максимальные расхождения между фактически измеренными и расчетными данными в точках расположения постов мониторинга выявлены в отношении среднегодовых и максимальных разовых концентраций цинка (коэффициенты соответствия ксг до 32337,2 раза, км до 2360,1 раза), никеля (ксг до 113212,8 раза, км до 3249,3 раза), меди (ксг до 7989,0 раза, км до 125,1 раза), свинца (ксг до 37023,0 раза, км до 347,58 раза), серной кислоты (ксг до 2081,2 раза, км до 927,34 раза), хлора (ксг до 688,2 раза, км до 96,42 раза).

Таким образом, для дальнейшей оценки риска по 34 веществам использовались расчетные концентрации, верифицированные натурными данными, для остальных 78 веществ – расчетные концентрации.

С использованием верифицированных и расчетных концентраций загрязняющих веществ были определены параметры канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения Братска в каждой точке жилой застройки города.

Установлено, что повышенное содержание в атмосферном воздухе г. Братска ряда химических веществ формирует неприемлемые уровни индивидуального пожизненного канцерогенного риска по формальдегиду (CR от  $3,70 \cdot 10^{-6}$  до  $1,64 \cdot 10^{-4}$ ), хром(VI) (CR от  $7,44 \cdot 10^{-6}$  до  $1,82 \cdot 10^{-3}$ ), бензолу (CR от  $4,44 \cdot 10^{-7}$  до  $9,78 \cdot 10^{-4}$ ).

Для исследуемой территории выявлены неприемлемые уровни риска, выраженные коэффициентами опасности развития неканцерогенных эффектов (НҚас), при остром ингаляционном воздействии следующих веществ: пыль неорганическая > 70 % SiO<sub>2</sub> (до 1,23 НҚас), метилбензол (до 1,70 НҚас), углерода оксид (до 1,87 НҚас), никеля оксид (до 2,47 НҚас), пыль неорганическая: от до 20 % SiO<sub>2</sub> (до 4,63 НҚас), пыль древесная (до 6,01 НҚас), азота диоксид (до 6,44 НҚас), серная кислота (до 8,32 НҚас), формальдегид (до 12,1 НҚас), бензол (до 55,9 НҚас), взвешенные вещества (до 77,6 НҚас). Данные уровни риска классифицируются как неблагоприятный (НҚ = 1,1–3,0) и высокий (НҚ > 3,0).

По результатам оценки неканцерогенного риска для здоровья населения исследуемой территории при хроническом ингаляционном воздействии установлены неприемлемые уровни риска, выраженные коэффициентами опасности развития неканцерогенных эффектов (НҚсг), в отношении 14 химических веществ: углерод (до 1,08 НҚсг), гидроксibenзол (до 1,86 НҚсг), марганец и его соединения (до 2,89 НҚсг), формальдегид (до 3,16 НҚсг), хром (VI) (до 3,47 НҚсг), свинец и его соединения (до 4,68 НҚсг), азота диоксид (до 4,80 НҚсг), бенз(а)пирен (до 5,30 НҚсг), никель оксид (до 6,04 НҚсг), взвешенные вещества (до 16,1 НҚсг), медь оксид (до 64,0 НҚсг), серная кислота (до 98,8 НҚсг), хлор (до 142,2 НҚсг), бензол (до 96,7 НҚсг).

Таким образом, на территории г. Братска формируются превышения неприемлемого уровня ингаляционного риска здоровью населения, формируемого 19 загрязняющими веществами: азота диоксид, бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, гидроксibenзол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая > 70 % SiO<sub>2</sub>, пыль неорганическая: до 20 % SiO<sub>2</sub>, свинец и его соединения, серная кислота, углерод, углерода оксид, формальдегид, хлор, хром (VI).

Согласно алгоритму, изложенному в МР 2.1.6.0157–19, на территории г. Братска (численность населения – более 220 тыс. человек) в результате кластерного анализа выделены 3 кластера, обладающие однородными значениями совокупности параметров риска здоровью населения (рисунок). Внутри каждого кластера выделена оптимальная

точка размещения поста мониторинга качества атмосферного воздуха, характеризующаяся максимальным значением совокупности параметров риска и наибольшей плотностью населения: кластер № 1 – ул. Советская, 22, кластер № 2 – ул. Сосновая, 8, кластер № 3 – ул. Гиндина, 12 (рисунок).

В таблице представлен перечень загрязняющих веществ, приоритетных для мониторинга в каждом кластере по критериям риска здоровью, и максимальные параметры формируемого риска здоровью.

Анализ расположения постов наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха показал, что на территории кластера № 1 расположено два поста Росгидромета (№ 7, 8), а также два поста Роспотребнадзора (№ 462, 463), на территории кластера № 2 – два поста Росгидромета (№ 2, 11) и один пост Роспотребнадзора (№ 465), на территории кластера № 3 – один пост Росгидромета (№ 3).

По результатам гигиенической оценки и оценки риска здоровью, выполненной на базе сопряженного анализа результатов сводных расчетов рассеивания и данных инструментального мониторинга, был определен оптимальный для мониторинга качества атмосферного воздуха на исследуемой территории перечень из 29 приоритетных веществ: 1-бутантиол, азота диоксид, бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM<sub>2.5</sub>, гидроксибензол, дигидросульфид, диметилбензол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – более 70, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, пропан-1-тиол, сера диоксид, свинец и его соединения, серная кислота, сероуглерод, углерод (сажа), углерода оксид, формальдегид, фториды неорганические плохо растворимые, фтористые газообразные соединения, хлор, хром (VI), этилбензол.

Для кластера № 1 было выделено 26 приоритетных веществ (13 веществ по результатам оценки соответствия гигиеническим нормативам, 2 вещества по результатам оценки риска, 11 веществ по результатам оценки соответствия гигиеническим нормативам и оценки риска), для кластера № 2 – 17 веществ (4, 7 и 6 веществ соответственно), для кластера № 3 – 14 веществ (1, 2 и 11 веществ соответственно).

По результатам сопоставления программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при отсутствии и наличии сводных баз данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух из перечня приоритетных мониторируемых в 2020–2021 гг. веществ целесообразным является исключение веществ, у которых по результатам гигиенической оценки и оценки риска не выявлены превышения гигиенических нормативов и критериев риска здоровью: алюминий и его соединения, азота оксид, взвешенные частицы PM<sub>10</sub>, гидрохлорид, диметилдисульфид, диметилсульфид, метилмеркаптан, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, 20–70 %, скипидар. При этом в рамках настоящего исследования с использованием алгоритма формирования

программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии сводных баз данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух выделены вещества, формирующие неприемлемые уровни риска здоровью населения (марганец и его соединения, медь оксид, никель оксид, пыль древесная, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, хром (VI)), а также вещества, по которым с 2020 года регистрируются превышения гигиенических нормативов (1-бутантиол, пропан-1-тиол).

По результатам настоящего исследования и сопоставительного анализа программ мониторинга качества атмосферного воздуха, проводимых Роспотребнадзором и Росгидрометом в 2018–2021 гг., в г. Братске с целью исключения дублирования исследований, установлено следующее.

– В кластере № 1 целесообразно перемещение поста Роспотребнадзора в точку с адресом ул. Советская, 22 (рисунок) и проведение мониторинга следующих 15 приоритетных веществ: 1-бутантиол, бензол, взвешенные частицы PM<sub>2.5</sub>, гидроксибензол (фенол), диметилбензол, метилбензол, пропан-1-тиол, пыль древесная, свинец и его неорганические соединения, сера диоксид, серная кислота, углерод (сажа), фториды неорганические плохо растворимые, хлор, этилбензол. Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, дигидросульфид, медь оксид, никель оксид, сероуглерод, углерод (оксид), формальдегид, фтористые газообразные соединения, хром (VI)) мониторируются на постах Росгидромета № 7, 8, расположенных в данном кластере.

– В кластере № 2 целесообразно перемещение поста Роспотребнадзора в точку с адресом ул. Сосновая, 8 (рисунок) и проведение мониторинга следующих 8 приоритетных веществ, не дублирующих измеряемые Росгидрометом вещества: бензол, марганец и его соединения, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – более 70, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в % – менее 20, серная кислота, углерод (сажа), формальдегид, хлор. Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, дигидросульфид, медь оксид, никель оксид, углерод (оксид), фтористые газообразные соединения, хром (VI)) мониторируются на постах Росгидромета № 2, 11, расположенных в данном кластере.

– В кластере № 3 целесообразно размещение поста Роспотребнадзора в точке по адресу ул. Гиндина, 12 (рисунок), характеризующейся максимальным значением совокупности параметров риска, а также наибольшей плотностью населения, и проведение мониторинга приоритетных по критериям риска здоровью и/или результатам гигиенической оценки 11 веществ: бенз(а)пирен, бензол, взвешенные вещества, гидроксибензол, марганец и его соединения, медь оксид, метилбензол, никель оксид, серная кислота, хлор, хром (VI). Остальные приоритетные для данного кластера вещества (азота диоксид, сероуглерод, формальдегид) мониторируются на

**Таблица. Перечень загрязняющих веществ, приоритетных для мониторинга в каждом кластере по критериям риска здоровью и параметры формируемого риска здоровью в оптимальной точке расположения поста****Table. The list of cluster-specific priority pollutants according to health risk criteria and the parameters of health risk formed at the optimal location of the air monitoring station**

№ кластера / Cluster number	Загрязняющее вещество / Pollutant	Параметры риска здоровью, максимальное значение в кластере / Health risk parameters, maximum value in the cluster		
		CRi*	HQaci*	HQcri*
1	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	2,24	1,86
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	5,17E×10 <sup>-6</sup>	–	5,30
	Бензол / Benzene	9,10E×10 <sup>-4</sup>	22,10	89,89
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	27,42	3,25
	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	–	0,01	1,85
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,62	16,42
	Никель оксид / Nickel oxide	9,70E×10 <sup>-7</sup>	1,83	5,13
	Пыль древесная / Wood dust	–	6,01	–
	Свинец и его соединения / Lead and its compounds	1,22E×10 <sup>-5</sup>	–	4,68
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	8,32	98,8
	Углерода оксид / Carbon oxide	–	1,87	1,08
	Формальдегид / Formaldehyde	1,64E×10 <sup>-4</sup>	3,91	3,16
	Хлор / Chlorine	–	0,50	142,8
	Хром (VI) / Chromium (VI)	2,46E×10 <sup>-4</sup>	–	0,47
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	6,44	2,57
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	2,20E×10 <sup>-6</sup>	–	2,26
	Бензол / Benzene	1,74E×10 <sup>-4</sup>	12,64	17,18
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	77,6	16,06
	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	–	–	2,89
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,08	63,97
	Никель оксид / Nickel oxide	7,33E×10 <sup>-7</sup>	0,71	3,75
	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: - более 70 / Inorganic dust containing > 70 % of silicon dioxide	–	1,23	0,04
	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, в %: - менее 20 / Inorganic dust containing < 20 % of silicon dioxide	–	4,63	0,15
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	1,03	2,39
	Углерода оксид / Carbon oxide	–	1,51	0,001
	Формальдегид / Formaldehyde	8,70E×10 <sup>-5</sup>	4,35	1,68
	Хлор / Chlorine	–	0,09	33,56
3	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	–	5,81	4,80
	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	5,00E×10 <sup>-6</sup>	–	5,12
	Бензол / Benzene	9,78E×10 <sup>-4</sup>	55,87	96,7
	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	13,26	2,94
	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	–	0,01	1,22
	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	–	–	2,81
	Медь оксид / Copper oxide	–	0,004	5,65
	Метилбензол / Methylbenzene	–	1,70	0,01
	Никель оксид / Nickel oxide	8,21E×10 <sup>-7</sup>	2,47	6,04
	Серная кислота / Sulfuric acid	–	0,23	6,73
	Формальдегид / Formaldehyde	–	12,12	2,00
	Хлор / Chlorine	–	0,01	106,87
	Хром (VI) / Chromium (VI)	1,82E×10 <sup>-3</sup>	–	3,47

Примечание: CRi – коэффициент канцерогенной опасности; HQaci – коэффициент опасности при острых воздействиях; HQcri – коэффициент опасности при хронических воздействиях.

Notes: CRi – cancer risk index; HQaci – Hazard quotient for acute exposure; HQcri – Hazard quotient for chronic exposure.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>  
Original Research Article

посту Росгидромета № 3, расположенном в данном кластере.

**Обсуждение.** Результаты выполненного исследования подтверждают данные ранее выполненных научных исследований [1–4] и свидетельствуют, что формирование программы мониторинга качества атмосферного воздуха требует сопряженной оценки результатов инструментальных исследований и расчетных данных распространения примесей в атмосферном воздухе, а также параметров формируемого экспозицией риска здоровью населения. Оценка риска здоровью является адекватным инструментом для решения поставленных в исследовании задач [5–20]. По установленным в рамках данного исследования приоритетным веществам регистрируются превышения гигиенических нормативов и/или допустимых параметров риска здоровью. Актуализация внимания к данным приоритетным веществам, снижение их выбросов и систематический мониторинг позволят минимизировать формируемые риски и причиненный вред здоровью населения исследуемой территории [21–30].

#### Выводы

1. Оптимизация программы мониторинга качества атмосферного воздуха требует научно обоснованного подхода к формированию перечня приоритетных примесей. Оптимальным является использование сводной базы данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сопряженный пространственный анализ расчетных и инструментальных данных по качеству атмосферного воздуха при оценке уровней экспозиции и риска здоровью.

2. По данным инструментальных и расчетных исследований уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Братска за период 2018–2021 гг. наблюдались превышения гигиенических нормативов содержания 24 загрязняющих веществ (до 10,0 ПДК<sub>мр</sub>, до 13,8 ПДК<sub>сс</sub>, до 60 ПДК<sub>сг</sub>).

3. По верифицированным и расчетным данным на территории г. Братска 19 загрязняющих веществ формируют неприемлемые уровни ингаляционного риска здоровью (CR до  $1,82 \cdot 10^{-3}$ , до 77,6 HQ<sub>ас</sub>, до 142,8 HQ<sub>сг</sub>).

4. Кластерный анализ результатов оценки риска здоровью населения позволил выделить на территории г. Братска 3 кластера и определить оптимальные точки расположения постов мониторинга качества атмосферного воздуха с учетом совокупности формируемых параметров риска здоровью и плотности населения: ул. Советская, 22 (кластер № 1), ул. Сосновая, 8 (кластер № 2), ул. Гиндина, 12 (кластер № 3).

5. С учетом соответствия гигиеническим нормативам и критериям риска здоровью населения сформирован оптимальный для мониторинга качества атмосферного воздуха перечень из 29 приоритетных веществ в целом по городу, в т. ч. для кластера № 1 выделено 26 приоритетных веществ, для кластера № 2 – 17 веществ, для кластера № 3 – 14 веществ.

6. Сопоставительный анализ программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха при наличии и отсутствии сводных баз данных параме-

тров источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух выявил целесообразность исключения из приоритетного списка 9 веществ и добавление в программу мониторинга качества атмосферного воздуха 8 приоритетных веществ.

7. Оптимизация программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха в условиях изменяющейся санитарно-эпидемиологической ситуации на территории г. Братска выявила целесообразность ведения мониторинга качества атмосферного воздуха дополнительно к постам Росгидромета на 3 актуализированных постах Роспотребнадзора и, с целью исключения дублирования исследований, сокращения числа мониторируемых на постах веществ до 8–15. Оптимизация программы лабораторных исследований и систематический мониторинг позволяют улучшить качество атмосферного воздуха, минимизировать риски для здоровья населения и достичь целей, поставленных национальными проектами на региональном уровне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 4–17. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01
2. Клейн С.В., Зайцева Н.В., Май И.В. и др. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха для задач социально-гигиенического мониторинга: практический опыт реализации мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1196–1202. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
3. 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. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01
4. Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Митягина А.В., Погонина Т.А. Опыт и перспектива применения анализа риска здоровью при реализации федерального проекта «Чистый воздух» для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: сборник по материалам X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Пермь, 2020. С. 231–239.
5. Ракитский В.Н. Стёпкин Ю.И. Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 188–195. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
6. Андришунас 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. Т. 101. № 11. С. 1290–1298. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298
7. Мякишева Ю.В., Федосейкина И.В., Михайлюк Н.А., Сказкина О.Я., Алешина Ю.А., Павлов А.Ф. Влияние

- загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 3. С. 44–52. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
8. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 1. С. 82–86. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
  9. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98. № 1. С. 68–75. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
  10. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. 2018. № 2 (30). С. 124–133. doi: 10.15593/2409-5125/2018.02.10
  11. 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. С. 30–36. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03
  12. Овчинникова Е.Л., Никитин С.В., Колчин А.С. и др. Методические подходы к обработке результатов лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха для целей проведения оценки риска здоровью // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30. № 3. С. 36–43. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
  13. Zagorodnov SY. Component composition of atmospheric dusts as a characteristic of environmental pollution. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2020;548:072069. doi: 10.1088/1755-1315/548/7/072069
  14. Shayakhmetov S, Kurakbaev KK, Toguzbaeva KK, Ismailova AA. Risk assessment and management of rural health in Kazakhstan. *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2020. № 4. С. 408–412.
  15. Landrigan PJ. Air pollution and health. *Lancet Public Health*. 2017;2(1):e4–e5. doi: 10.1016/S2468-2667(16)30023-8
  16. Pachoulis M, Maggos T, Panagopoulos P, et al. Population health risks assessment from air pollution exposure in an industrialized residential area in Greece. *Atmosphere*. 2022;13(4):615. doi: 10.3390/atmos13040615
  17. Fauser P, Ketzler M, Becker T, et al. Human exposure to carcinogens in ambient air in Denmark, Finland and Sweden. *Atmos Environ*. 2017;167:283–297. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.08.033
  18. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett*. 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
  19. Lepeule J, Laden F, Dockery D, Schwartz J. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect*. 2012;120(7):965–970. doi: 10.1289/ehp.1104660
  20. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–2260. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61766-8
  21. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 9 (330). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
  22. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 2. С. 4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01
  23. Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка // *Региональные геосистемы*. 2021. Т. 45. № 2. С. 236–245. doi: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245
  24. Крига А.С., Никитин С.В., Овчинникова Е.Л. и др. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории города Омска // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 4. С. 31–45. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04
  25. Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. 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*. 2020. Т. 9. № 330. С. 48–60. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60
  26. Ревич Б.А., Харьковская Т.Л., Кваша Е.А. Некоторые показатели здоровья жителей городов федерального проекта «Чистый воздух» // *Анализ риска здоровью*. 2020. № 2. С. 16–27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02
  27. Долгушина Н.А., Кувшинова И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // *Экология человека*. 2019. № 6. С. 17–22. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
  28. Марцынковский О.А., Двинянина О.В., Васькина А.А. Романов А.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни // *Стандарты и качество*. 2022. № 3. С. 93–95.
  29. Зайцева Н.В., Май И.В. Основные итоги, перспективы применения и совершенствования оценки риска здоровью населения сибирских городов – участников проекта «Чистый воздух» (Братск, Норильск, Красноярск, Чита) // *Гигиена и санитария*. 2021. Т. 100. № 5. С. 519–527. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527
  30. Морина В.А., Юрьева А.А. Мониторинг реализации федерального проекта «Чистый воздух» // *Актуальные вопросы современной экономики*. 2021. № 10. С. 171–183. doi: 10.34755/IROK.2021.96.33.099.
  31. Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? // *Экологический вестник России*. 2020. № 3. С. 58–68.

## REFERENCES

1. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Goryaev DV. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and “Pure Air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01.eng
2. Kleyn SV, Zaitseva NV, May IV, et al. Working out ambient air quality measuring programs for socio-hygienic monitoring: practical experience of federal project “Clean Air”

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24>  
Original Research Article

- activity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(11):1196–1202. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1196-1202
3. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “Pure air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01.eng
  4. Avaliani SL, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA, Mityagina AV, Pogonina TA. [Experience and prospects of applying health risk analysis within implementation of the Federal Clean Air Project for securing sanitary and epidemiological welfare of the population.] In: Popova AYu, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;2:231–239. (In Russ.)
  5. Rakitskii VN, Stepkin Yul, Klepikov OV, Kurolop SA. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(3):188–195. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195
  6. Andrishunas AM, Kleyn SV, Goryaev DV, Balashov SYu, Zagorodnov SYu. Hygienic assessment of air protection activities at heat-and-power engineering enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(11):1290–1298. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298
  7. Myakisheva YuV, Fedoseikina IV, Mikhayluk NA, Skazkina OYa, Aleshina YuA, Pavlov AF. Ambient air pollution and population health risks in a contaminated area of a large industrial center. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(3):44–52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
  8. Karelin AO, Lomtev AYu, Volkodaeva MV, Yeregin GB. The improvement of approaches to the assessment of effects of the anthropogenic air pollution on the population in order to management the risk for health. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):82–86. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
  9. Zaitseva NV, Zemlianova MA, Koldibekova YuV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Perezhogin AN, Kleyn SV. Evaluation of the aerogenic impact of priority chemical factors on the health of the child population in the zone of the exposure of aluminum enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):68–75. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
  10. Zagorodnov SYu. Dust contamination of the atmospheric air of the city as an undervalued risk factor to human health. *Vestnik Permskogo Natsional'nogo Issledovatel'skogo Politekhnicheskogo Universiteta. Prikladnaya Ekologiya. Urbanistika*. 2018;(2(30)):124–133. (In Russ.) doi: 10.15593/2409-5125/2018.02.10
  11. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, Shashina TA, Dodina NS, Kislitsin VA. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):30–35. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.03.eng
  12. Ovchinnikova EL, Nikitin SV, Kolchin AS, et al. Methodological approaches to processing laboratory results of ambient air quality monitoring for the purposes of human health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(3):36–43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
  13. Zagorodnov SY. Component composition of atmospheric dusts as a characteristic of environmental pollution. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 2020;548:072069. doi: 10.1088/1755-1315/548/7/072069
  14. Shayakhmetov S, Kurakbaev KK, Toguzbaeva KK, Ismailova AA. Risk assessment and management of rural health in Kazakhstan. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;(4):408–412.
  15. Landrigan PJ. Air pollution and health. *Lancet Public Health*. 2017;2(1):e4–e5. doi: 10.1016/S2468-2667(16)30023-8
  16. Pachoulis M, Maggos T, Panagopoulos P, et al. Population health risks assessment from air pollution exposure in an industrialized residential area in Greece. *Atmosphere*. 2022;13(4):615. doi: 10.3390/atmos13040615
  17. Fauser P, Ketzler M, Becker T, et al. Human exposure to carcinogens in ambient air in Denmark, Finland and Sweden. *Atmos Environ*. 2017;167:283–297. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.08.033
  18. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol Lett*. 2008;180(2):118–122. doi: 10.1016/j.toxlet.2008.05.012
  19. Lepeule J, Laden F, Dockery D, Schwartz J. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities study from 1974 to 2009. *Environ Health Perspect*. 2012;120(7):965–970. doi: 10.1289/ehp.1104660
  20. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2224–2260. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61766-8
  21. Gurvich VB, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, et al. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):38–47. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/202033093847
  22. Zaitseva NV, May IV. New mechanisms for regulation of industrial emissions into the atmosphere: a conceptual look at prospects and problems from sanitary-epidemiological point of view. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01.eng
  23. Klepikov OV, Kurolop SA, Sedykh VA. Monitoring of atmospheric air pollution and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk. *Regional'nye Geosistemy*. 2021;45(2):236–245. (In Russ.) doi: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245
  24. Kriga AS, Nikitin SV, Ovchinnikova EL, et al. On implementation of “Clean air” Federal project in Omsk. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):32–46. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.04.eng
  25. Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, 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*. 2020;(9(330)):48–60. (In Russ.) doi: 10.35627/22195238/202033094860
  26. Revich BA, Kharkova TL, Kvasha EA. Selected health parameters of people living in cities included into “Clean air” Federal project. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):16–27. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.02.eng
  27. Dolgushina NA, Kuvshinova IA. Air pollution and non-cancerogenic risk assessment in industrial cities of Chelyabinsk region. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2019;(6):17–22. (In Russ.) doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-17-22
  28. Martsinkovskiy OA, Dvinyanina OV, Vas'kina AA, Romanov AV. Federal project “Clean Air”: a new standard of living. *Standarty i Kachestvo*. 2022;(3):93–95. (In Russ.)
  29. Zaitseva NV, May IV. Main results, prospects of application and improvement of the health risk assessment of the population of Siberian cities – participants of

the “Clean air” project (Bratsk, Norilsk, Krasnoyarsk, Chita). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(5):519–527. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527

30. Morina VA, Yuryeva AA. Monitoring the implementation of the federal project “Clean Air”. *Aktual'nye Voprosy*

*Sovremennoy Ekonomiki*. 2021;(10):171–183. (In Russ.) doi: 10.34755/IROK.2021.96.33.099

31. Revich B.A. How effective is “Clean air for health in 12 cities” project? *Ekologicheskii Vestnik Rossii*. 2020;(3):58–68. (In Russ.)

**Сведения об авторах:**

**Май Ирина** Владиславовна – д.б.н., профессор, заместитель директора по научной работе; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

**Клейн Светлана** Владиславовна – д.м.н., профессор РАН, заведующая отделом системных методов социально-гигиенического мониторинга и экспертиз; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Максимова Екатерина** Вадимовна – младший научный сотрудник лаборатории методов оценки соответствия и потребительских экспертиз; e-mail: maksimova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>.

**Балашов Станислав** Юрьевич – заведующий лабораторией методов комплексного санитарно-гигиенического анализа и экспертиз; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция исследования: *Май И.В., Клейн С.В.*; сбор и анализ материала: *Максимова Е.В., Балашов С.Ю.*; написание рукописи: *Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю.*; редактирование: *Май И.В., Клейн С.В.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

**Финансирование:** исследование выполнено при финансировании научных работ в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

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

Статья получена: 03.05.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

**Author information:**

**Irina V. May**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Deputy Director for Research; e-mail: may@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>.

**Svetlana V. Kleyn**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Systemic Methods of Public Health Monitoring and Expert Examinations; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Ekaterina V. Maksimova**, Junior Researcher of the Laboratory for Conformity Assessment and Consumer Protection; e-mail: maksimova@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-9955>.

**Stanislav Yu. Balashov**, Head of the Laboratory for Methods of Comprehensive Sanitary and Hygienic Analysis and Expert Examinations; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

**Author contributions:** study conception and design: *May I.V., Kleyn S.V.*; data collection, analysis and interpretation of results: *Maksimova E.V., Balashov S.Yu.*; draft manuscript preparation: *Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu.*; editing: *May I.V., Kleyn S.V.* All authors reviewed the result and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** The study was conducted within the Federal Clean Air Project implemented as part of the National Ecology Project.

**Conflict of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: May 3, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023