



Май И.В., Клейн С.В., Вековшинина С.А., Балашов С.Ю., Четверкина К.В.,  
Цинкер М.Ю.

## Риск здоровью населения Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух

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.** Город Норильск входит в перечень городов — участников реализации федерального проекта «Чистый воздух». Комплексным планом мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в Норильске предусмотрено сокращение выбросов на 75% и снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха с показателя «очень высокий» до «повышенный».

**Цель исследования** — проведение оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух города Норильска, до проведения комплекса воздухоохраных мероприятий с выделением приоритетных факторов и источников риска.

**Материалы и методы.** Оценку канцерогенного, острого и хронического неканцерогенного риска здоровью выполняли в 1105 точках расположения жилых домов города на основе результатов сводных расчётов рассеивания. Использована база параметров 2145 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города.

**Результаты.** Установлено, что неприемлемые, в том числе высокие, уровни риска для здоровья жителей города регистрируются на всей территории города. В зонах повышенного риска здоровью проживает более 181,8 тыс. человек. Риски формируются как при кратковременном, так и при длительном воздействии атмосферных загрязнений. Показатели риска нарушений функций органов дыхания, иммунной системы, системы крови в 10 и более раз превышают приемлемые уровни. Определены 11 приоритетных загрязняющих веществ, формирующих до 90% вклада в неприемлемые риски (оксиды азота, диоксид серы, оксиды меди, никеля, свинца, производственная пыль и пр.).

**Заключение.** В целом аэрогенные риски здоровью требуют неотложных мер по их снижению. Запланированные мероприятия по подавлению выбросов диоксида серы, оксидов азота, различных видов производственной пыли в Норильске в целом масштабны и адекватны приоритетным факторам риска. Вместе с тем требуется разработка и реализация мер по снижению выбросов соединений тяжёлых металлов. На период до достижения уровней приемлемого риска для здоровья актуальными являются меры медико-профилактического характера как компенсационные мероприятия, предусмотренные действующим законодательством.

**Ключевые слова:** риск здоровью населения; приоритетные загрязняющие вещества; федеральный проект «Чистый воздух»; комплексный план мероприятий по снижению выбросов; квотирование выбросов

**Для цитирования:** Май И.В., Клейн С.В., Вековшинина С.А., Балашов С.Ю., Четверкина К.В., Цинкер М.Ю. Риск здоровью населения г. Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (5): 528-534. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534>

**Для корреспонденции:** Вековшинина Светлана Анатольевна, зав. лаб. ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: veksa@fcrisk.ru

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

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

**Участие авторов:** Май И.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Клейн С.В. — сбор и обработка материала; Вековшинина С.А. — сбор и обработка материала, написание текста; Балашов С.Ю., Четверкина К.В., Цинкер М.Ю. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 02.03.2021 / Принята к печати 18.05.2021 / Опубликована 15.06.2021

Irina V. May, Svetlana V. Kleyn, Svetlana A. Vekovshina, Stanislav Yu. Balashov,  
Kristina V. Chetverkina, Mihail Yu. Tsinker

## Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air

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

**Introduction.** The city of Norilsk is included in the list of cities participating in the federal project “Clean Air.” The comprehensive action plan for protecting atmospheric air of substances provides a 75% reduction in emissions and a decrease in the level of pollution from “very high” to “high.”

**The aim of the study** was to assess human health risk from chemicals that pollute the atmospheric air of the city of Norilsk before the implementation of a complex of air protection measures. Also, we planned to identify priority factors and sources of risk.

**Material and methods.** The assessment of carcinogenic, acute, and chronic non-carcinogenic health risks was carried out at 1105 points of location of residential buildings in the city based on summary calculations of dispersion. The database of parameters of 2145 sources of pollutant emissions into the atmospheric air of the city was used.

**Results.** Unacceptable, including high levels of risk to the health of citizens, have been established to be registered throughout the city. More than 181.8 thousand people live in high-risk zones. Risks occur both during short-term and long-term exposure to atmospheric pollution. The risk indicators for respiratory disorders diseases of the immune system and the blood system are ten or more times higher than the acceptable levels. There have been eleven priority pollutants contributing up to 90% to unacceptable risks (nitrogen oxides, sulfur dioxide, copper, nickel, lead oxides, the sum of various types of industrial dust, etc.).

**Conclusion.** In general, aerogenic health risks require urgent measures to reduce them. The planned measures to suppress sulfur dioxide emissions, nitrogen oxides, and dust in Norilsk are generally large-scale and adequate to the priority risk factors. At the same time, it is necessary to develop and implement measures to reduce emissions of heavy metal compounds. Until the levels of acceptable health risk are reached, measures of a medical and prophylactic nature are relevant as compensation measures provided for by current legislation.

**Keywords:** public health risk; priority pollutants; federal project “Clean Air”; a comprehensive plan of measures to reduce emissions; emission quotas

## Original article

**For citation:** May I.V., Kleyn S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu., Chetverkina K.V., Tsinker M.Yu. Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2021; 100 (5): 528–534. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534> (In Russ.)

**For correspondence:** Svetlana A. Vekovshina, Head of the laboratory of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: veksa@ferisk.ru

**Information about the authors:**

May I.V., <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>

Kleyn S.V., <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>

Balashov S.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>

Tsinker M.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-2639-5368>

Vekovshina S.A., <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>

Chetverkina K.V., <https://orcid.org/0000-0002-1548-228X>

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

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

**Contribution of the authors:** *May I.V.* – the concept and design of the study, writing a text, editing; *Kleyn S.V.* – collection and processing of material; *Vekovshina S.A.* – collection and processing of material, writing a text; *Balashov S.Yu.*, *Chetverkina K.V.*, *Tsinker M.Yu.* – collection and processing of material. *All co-authors* – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: March 2, 2021 / Accepted: May 18, 2021 / Published: June 15, 2021

## Введение

Город Норильск – крупный промышленный центр на севере Красноярского края – входит в перечень участников реализации федерального проекта «Чистый воздух». Город с населением 181,83 тыс. человек характеризуется стабильной социально-экономической ситуацией, высокими показателями валового производимого продукта, в последние годы – ростом численности населения. Крупнейшее предприятие города – Заполярный филиал Публичного акционерного общества «Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (далее – ЗФ ПАО ГМК «Норильский никель»). Промышленные зоны и производственные площадки предприятия расположены диффузно, окружают селитебные территории всех районов города (Центрального, Талнах, Кайеркан, Оганер). По данным Федеральной службы государственной статистики и Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края, в атмосферу Норильска ежегодно поступает около 1,7–1,8 млн тонн загрязняющих веществ [1, 2].

Значительные производственные мощности предприятий города, характеризующиеся максимальными в Российской Федерации объёмами выбросов диоксида серы, высокий уровень влажных выпадений серы (9,1 т/км<sup>2</sup> в год), превышающий установленное значение критической нагрузки в 4,6 раза, приводят к тому, что в целом экологическая ситуация в городе оценивается как неблагоприятная [3, 4]. Ряд медико-демографических показателей, которые Всемирная организация здравоохранения относит к индикаторным в отношении качества среды обитания (в том числе общая смертность, ряд онкологических заболеваний и пр.), в Норильске достоверно выше, чем на иных территориях страны [5–7].

Комплексным планом мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Норильска на период 2019–2024 гг. предусмотрено сокращение массы пылегазовых смесей на 75% (примерно на 1,3 млн тонн) и снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха с показателя «очень высокий» до «повышенный». Предполагается, что снижение выбросов в Норильске будет выполнено в основном за счёт реализации инвестиционной программы «Серный проект» по уменьшению выбросов диоксида серы на металлургических предприятиях ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» и иных мероприятий на данном объекте<sup>1</sup>.

С 1 января 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 26.07.2019 г. № 195-ФЗ<sup>2</sup> в Норильске, как и в других городах – участниках федерального проекта «Чистый воз-

дух», начался эксперимент по квотированию (обоснованному ограничению) выбросов загрязняющих веществ на базе результатов сводных расчётов рассеивания. Итогом эксперимента должна явиться система обеспечения населения, органов государственной власти и организаций информацией о состоянии и загрязнении атмосферного воздуха в целях его комплексной оценки и прогноза состояния, а также в целях предотвращения негативного воздействия загрязнённого атмосферного воздуха на здоровье населения городов – участников федерального проекта «Чистый воздух». Именно здоровье населения, по мнению ряда учёных и политиков, может и должно рассматриваться как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» [8–10].

В рамках эксперимента в 2020 г. Роспотребнадзору было поручено осуществление расчёта и оценки рисков для здоровья человека на основе сводных расчётов рассеивания, определение перечня приоритетных загрязняющих веществ, участие в формировании списка объектов, для которых устанавливаются квоты выбросов. Включение оценки риска в процедуру выбора приоритетов, несомненно, является следствием признания значимости учёта показателей здоровья населения во всей системе принятия решений по управлению качеством атмосферного воздуха [11–13]. Использование результатов оценки рисков здоровью как информационной основы воздухоохранной деятельности отвечает современным мировым тенденциям и лучшим практикам в данной сфере [14–16].

Цель исследования – выполнение оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух г. Норильска – участника федерального проекта «Чистый воздух», до проведения комплекса мероприятий по снижению выбросов.

## Материалы и методы

Оценку риска здоровью населения г. Норильска выполняли на основе данных о приземных концентрациях загрязняющих веществ, полученных в результате сводных расчётов рассеивания с использованием электронной базы параметров стационарных и передвижных источников выбросов. База данных официально передана Роспотребнадзору Министерством природных ресурсов в формате программного комплекса «Эколог-Город». Также в работе использовали сведения из заключения АО «НИИ Атмосфера» по результатам проведения сводного расчёта загрязнения атмосферного воздуха в городском округе Норильск<sup>3</sup>. База данных содержала записи о 2145 источниках выбросов 110 предприятий и организаций города и 175 участков улично-дорожной сети 28 автодорог.

<sup>3</sup> Приказ Минприроды № 1467 от 30.10.2020 г. «Об утверждении заключения о проведении сводного расчёта загрязнения атмосферного воздуха в городском округе Норильск».

<sup>1</sup> «Серная программа «Норникеля» Эл. ресурс <https://sgnorilsk.ru/video/sernaya-programma-nornikelya> (дата обращения 12.01.2021 г.).

<sup>2</sup> Федеральный закон от 26.07.2019 г. № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». Эл. ресурс [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_329955/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/) (дата обращения 12.01.2021 г.).

В базе данных стационарных источников были учтены сведения о выбросах 107 наименований загрязняющих веществ общей массой 1863,6 тыс. тонн/год.

При проведении сводных расчётов рассеивания использовали данные о климатических характеристиках рассеивания загрязняющих веществ в воздушном бассейне г. Норильска, принятые по данным Росгидромета.

Константа целесообразности проведения расчётов задана уровнем 0,00001 мг/м<sup>3</sup>. Для расчётов среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере применяли блок расчёта «Средние», реализующего методику НИИ Атмосфера и ГГО им. Воейкова. Метеорологические характеристики г. Норильска получены от ГГО им. Воейкова в виде метео-файла по специальному запросу.

Векторная картографическая карта содержала следующие основные электронные тематические слои с атрибутивными данными: административные границы, границы земельных участков, функциональные зоны, улично-дорожная сеть, природные водные объекты, здания и сооружения с адресным реестром точки (посты) мониторинга атмосферного воздуха и др.

Результаты расчётов рассеивания были сопряжены с векторной картой города на платформе геоинформационной системы ArcView 3.2 и ArcGIS 9.3.1.

Расчёт максимальных разовых и среднегодовых приземных концентраций загрязняющих веществ выполняли в 1105 расчётных точках, соответствующих геометрическим центрам жилых строений. Расчёт показателей риска в каждой расчётной точке проводили в соответствии с требованиями руководства Р 2.1.10.1920-04<sup>4</sup> с учётом актуальных данных о референтных уровнях воздействия в отношении критических органов и систем.

Оценку риска выполняли путём последовательной реализации всех необходимых этапов: идентификация опасности, оценка экспозиции, выбор зависимостей «экспозиция-ответ», характеристика риска.

В процедуру оценки риска включали примеси, соответствующие следующим критериям: вещество обладает канцерогенными свойствами, примесь входит в перечень веществ, формирующих 95% суммарного показателя сравнительной неканцерогенной опасности при остром и/или хроническом воздействии, вещество входит в список приоритетов по данным отечественных и международных нормативных документов. Кроме того, в оценку риска включали виды пыли, которые рассматривали как односторонне действующие примеси, независимо от их химического состава [17–20]. В отношении различных видов производственной пыли, для которых установлены индивидуальные референтные уровни, учитывали собственные критерии безопасности, для прочих видов пыли в качестве референтного уровня принимали критерии, принятые для взвешенных веществ (TSP), без учёта дисперсности.

Риск возникновения онкологических заболеваний выражали через величины канцерогенного риска при условии пожизненной экспозиции. Неканцерогенный риск нарушений функций критических органов и систем выражали через коэффициенты и индексы опасности при остром и хроническом воздействии. Критерии приемлемости и градации канцерогенного риска принимали в соответствии с положениями раздела 7 руководства Р 2.1.10.1920-04, а также с учётом методических рекомендаций<sup>5</sup>, разработанных для реализации в рамках проекта «Чистый воздух».

<sup>4</sup> Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Сайт «Техэксперт»: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399>

<sup>5</sup> МР 2.1.6.0157-19 Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений, санитарная охрана воздуха. Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции для задач социально-гигиенического мониторинга. Сайт «КонсультантПлюс». Доступно по: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_36840/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36840/)

На основе анализа вкладов отдельных химических веществ в риски для здоровья выделяли приоритетные примеси, к которым относили примеси, формирующие суммарно более 90% неприемлемого риска для здоровья.

Для оценки численности населения г. Норильска, подверженного аэрогенному риску, выполняли «привязку» к каждому жилому строению деперсонифицированного реестра жителей, застрахованных в территориальном Фонде обязательного медицинского страхования. Суммарное количество населения, проживающего в каждой зоне, определяли как сумму численности населения во всех расчётных точках, расположенных в данной зоне.

Вклады отдельных хозяйствующих субъектов в уровни риска здоровью выполняли для всех 1105 расчётных точек с использованием программного комплекса «Эколог-Город». При оценке вкладов учитывали объекты, формирующие суммарно не менее 95% риска для здоровья.

Вклад отдельного объекта (предприятия, автотранспорта) в показатель риска определяли как взвешенное среднее вкладов предприятия в каждой точке по формуле:

$$\delta_j^k = \frac{\sum_i HQ_i^k \cdot \delta_{i,j}^k}{\sum_i HQ_i^k},$$

где  $\delta_j^k$  – вклад  $j$ -го предприятия в индекс опасности в  $k$ -той точке;  $HQ_i^k$  – значение коэффициента опасности в  $k$ -той точке;  $\delta_{i,j}^k$  – вклад  $j$ -го предприятия в загрязнение атмосферного воздуха в  $k$ -той точке по  $i$ -му веществу.

Расчёт вкладов проводили для каждой точки в отношении всех критических органов и систем. По результатам оценки вкладов определяли приоритетные объекты, формирующие неприемлемые риски для здоровья населения г. Норильска.

## Результаты

На стадии идентификации опасности установлено, что из 107 химических веществ, поступающих в атмосферный воздух Норильска от стационарных и передвижных источников, в процедуру оценки риска здоровью по системе критериев целесообразно включать 30 газообразных загрязняющих веществ и все виды твёрдых компонентов выбросов (пыли).

Определено, что неприемлемые и высокие уровни риска для здоровья жителей города регистрируются во всех его административных образованиях: в Центральном районе, жилом образовании Оганер, районах Талнах и Кайеркан. В условиях негативного воздействия выбросов находится всё население г. Норильска – более 181,8 тыс. человек. Неприемлемые риски формирования болезней органов дыхания, крови, системных нарушений формируются как при кратковременном, так и при длительном воздействии атмосферных загрязнений. Кратковременное острое воздействие создаёт повышенный риск в отношении иммунной системы и развития потомства. Для отдельных видов нарушения здоровья уровни риска в 10 и более раз превышают приемлемые уровни (табл. 1).

Территория города неравномерна по уровням риска для здоровья жителей. Наиболее серьёзная ситуация складывается в Центральном районе города. Под воздействием – более 94,6 тыс. человек. Здесь формируются зоны высокого риска для здоровья человека и при острых и при хронических воздействиях веществ, загрязняющих атмосферный воздух (пример – в табл. 2). В северной, северо-западной, западной и восточной частях района выделяются зоны экстремально высоких рисков потенциального воздействия на органы дыхания и развития системных нарушений здоровья – с уровнями индексов опасности до 42.

К зоне высоких рисков можно отнести также южную часть района Кайеркан. В данной зоне города формируются неприемлемые риски развития болезней органов дыхания как при острых, так и при хронических воздействиях, риск

Таблица 1 / Table 1

**Уровни неприемлемого неканцерогенного риска здоровью населения Норильска (Индекс опасности (НИ) > 1) при остром и хроническом воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух (по результатам расчётов рассеивания)****Levels of unacceptable non-carcinogenic risk to public health in Norilsk (Hazard index (HI) > 1.0) under acute and chronic exposure to air pollutants (based on the results of dispersion simulation)**

Критические органы или системы Critical organs or systems		Численность населения под воздействием, человек Population under exposure, people	Уровень НИ HI level	
			минимальный minimal	максимальный maximal
<i>При остром воздействии / In case of acute exposure</i>				
Болезни органов дыхания	Respiratory diseases	181,830	3.10	13.2
Иммунная система	The immune system	181,830	5.41	29.6
Системные нарушения здоровья	Systemic health disorders	83,195	1.01	2.11
Воздействие на развивающееся потомство	Impact on developing offspring	19,102	1.01	9.96
Болезни крови	Blood diseases	14,050	1.01	4.44
<i>При хроническом воздействии / With chronic exposure</i>				
Болезни органов дыхания	Respiratory diseases	181,830	3.35	42.2
Системные нарушения здоровья	Systemic health disorders	181,830	1.08	32.7
Болезни крови	Blood diseases	134,136	1.01	5.42

нарушений функций иммунной системы при кратковременных воздействиях и т. п. В целом вся территория района Кайеркан с населением более 24,8 тыс. человек находится в зоне неприемлемого риска.

На территории жилого образования Оганер (более 5,1 тыс. жителей) регистрируются неприемлемые риски формирования болезней органов дыхания как при остром, так и при хроническом воздействии. Кроме того, формируются риски иммунной системе при остром (кратковременном) ингаляционном воздействии загрязняющих веществ.

Территория района Талнах (более 57,3 тыс. человек) характеризуется относительно более низкими уровнями риска, как острого, так и хронического, чем в Центральном районе Норильска. Однако именно здесь формируется небольшая по площади зона с наиболее высоким уровнем канцерогенного риска (до  $1,85 \cdot 10^{-5}$ ).

По критериям риска для здоровья жителей сформирован перечень приоритетных примесей, которые формируют в разных зонах города до 90% неприемлемого риска, подлежат систематическому мониторингу и контролю на территории

города. Пример определения приоритетов по критериям острого риска для органов дыхания – в табл. 3.

В целом в числе приоритетных примесей: меди оксид (в пересчёте на медь); никель оксид (в пересчёте на никель); никель сульфат (в пересчёте на никель); азота оксид; азота диоксид; серная кислота (по молекуле  $H_2SO_4$ ); серы диоксид; углерода оксид; бензол; различные виды производственной пыли.

**Обсуждение**

Полученные результаты оценки риска здоровью как неприемлемого, в том числе высокого, явились ожидаемыми – город много лет характеризуется значительным загрязнением атмосферы, что не могло не сказаться на состоянии здоровья жителей. Вместе с тем анализ результатов свидетельствует о том, что в определённой части риски здоровью являются недооценёнными (заниженными). Это касается прежде всего уровней расчётного канцерогенного риска (табл. 4).

Таблица 2 / Table 2

**Характеристика зон хронического неканцерогенного ингаляционного риска болезней органов дыхания на территории Норильска**  
**Characteristics of zones of chronic non-carcinogenic inhalation risk of respiratory diseases in the city of Norilsk**

Район District	Уровень риска Risk level		Численность населения в зоне риска, человек Population in the risk zone, people	Уровень НИ по зоне Hazard Index over the zone		
	НИ Hazard Index	характеристика characteristics		средний average	минимальный minimal	максимальный maximal
Центральный Central	НИ > 6	Высокий High	94,609	25.18	14.84	42.24
Кайеркан Kayerkan	НИ > 6	Высокий High	24,766	9.99	9.45	10.44
Оганер Oganer	НИ > 6	Высокий High	5156	7.05	6.69	7.35
Талнах Talnakh	3 < НИ < 6	Настораживающий Alarming	57,299	3.50	3.35	3.82
В целом под воздействием Overall under the exposure			181,830	17.88	3.35	42.24

Таблица 3 / Table 3

Осреднённый по зонам вклад отдельных загрязняющих веществ в острый неканцерогенный риск нарушений функций органов дыхания в Норильске, %

Zone-averaged contribution of individual pollutants to acute non-carcinogenic risk of respiratory diseases in Norilsk, %

Показатель Index	Район / District				
	Центральный Central	Кайеркан Kayerkan		Оганер Oganer	Талнах Talnakh
		зона 1 zone 1	зона 2 zone 2		
		НИ > 6	3 < НИ < 6		
Сера диоксид Sulfur dioxide	74.08	77.91	75.13	72.28	64.38
Азота диоксид Nitrogen dioxide	8.98	4.11	5.74	11.81	11.24
Серная кислота (по молекуле H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) Sulfuric acid (on H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> molecule)	2.04	3.75	3.60	3.06	2.98
Азот (II) оксид Nitrogen (II) oxide	0.94	0.44	0.61	1.25	1.17
Медь оксид (в пересчёте на медь) Copper oxide (in terms of copper)	2.51	0.55	0.54	0.72	0.48
Сумма различных видов производственной пыли, в том числе: The sum of various types of industrial dust:	9.85	12.97	14.09	9.99	18.82
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 20–70% Inorganic dust containing silicon dioxide 20–70%	4.48	0.91	0.87	4.74	8.68
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20% Inorganic dust containing less than 20% silicon dioxide	2.66	3.30	3.34	2.10	6.13
Взвешенные вещества Suspended particles	2.26	0.75	0.60	2.69	3.43
Пыль каменного угля Coal dust	0.29	7.84	9.18	0.35	0.26
Пыль абразивная Dust abrasive	0.06	0.07	0.08	0.02	0.01
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния более 70% Inorganic dust containing more than 70% silicon dioxide	0.06	0.09	0.02	0.07	0.31
Пыль резинового вулканизата Rubber vulcanizate dust	0.02	< 0.01	< 0.01	0.01	< 0.01
Пыль полистирола Polystyrene dust	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Таблица 4 / Table 4

Сравнительные уровни канцерогенного ингаляционного риска отдельных химических веществ, рассчитанные по данным сводных расчётов рассеивания и натурных измерений Росгидромета и Роспотребнадзора

Comparative levels of the carcinogenic inhalation risk of individual chemicals, calculated according to the summary dispersion simulation and field measurements of the Russian Meteorological service (Roshydromet) and the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being (Rosпотребнадзор)

Загрязняющее вещество Pollutants	По данным измерений Росгидромета According to Roshydromet measurement data		По данным измерений Роспотребнадзора According to Rosпотребнадзор measurement data		По данным сводных расчётов рассеивания According to the data of summary dispersion simulation
	детское население children	взрослое население adults	детское население children	взрослое население adults	
Бензол Benzene	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	до (up to) 4.58 · 10 <sup>-4</sup>	до (up to) 4.91 · 10 <sup>-4</sup>	до (up to) 6.03 · 10 <sup>-7</sup>
Свинец Lead	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	до (up to) 1.17 · 10 <sup>-6</sup>	до (up to) 1.26 · 10 <sup>-6</sup>	до (up to) 8.7 · 10 <sup>-8</sup>
Формальдегид Formaldehyde	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	до (up to) 1.99 · 10 <sup>-4</sup>	до (up to) 2.13 · 10 <sup>-4</sup>	до (up to) 1.29 · 10 <sup>-7</sup>
Бенз(а)пирен Benz (a) pyrene	до 4,18 · 10 <sup>-7</sup>	до 4,47 · 10 <sup>-7</sup>	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	до (up to) 3.24 · 10 <sup>-8</sup>
Хром Chromium	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	Не исследовано Not investigated	до (up to) 1.83 · 10 <sup>-5</sup>

Несомненным достоинством расчётов рассеивания является максимально полный учёт выбросов канцерогенных веществ. Однако, как видно из представленных данных, уровни риска, установленные на основе экспозиции по результатам расчётов рассеивания, на несколько порядков ниже, чем уровни, полученные для условий реальной экспозиции по примесям, которые измеряются в рамках программ экологического и социально-гигиенического мониторинга. В силу того, что квотирование (нормирование) выбросов планируется осуществлять по данным расчётов рассеивания, представляется целесообразным выполнить значительную верификацию и, при необходимости, корректировку данных инвентаризации источников выбросов опасных примесей. При этом основной задачей пересмотра данных инвентаризации должно стать максимальное сближение расчётных и натуральных данных.

Кроме того, представляется целесообразным сопряжение программ государственного мониторинга с программами производственного контроля, в которые рекомендуется включать вещества, маркерные для выбросов конкретного объекта.

В целом по городу в качестве приоритетных должны рассматриваться мероприятия по сокращению выбросов меди оксида, никеля оксида, серы диоксида, серной кислоты, а также мероприятия по снижению выбросов хрома (VI), отдельных видов производственной пыли, включая пыль неорганическую (до 20% SiO<sub>2</sub>), пыль неорганическую (20–70% SiO<sub>2</sub>) и прочие взвешенные вещества.

Инвестиционная программа ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» является ключевой составляющей Комплексного плана, хотя и не детализирована в нём. Мероприятия по снижению выбросов предусмотрены также проектом достижения нормативов допустимых выбросов и «Программой повышения экологической эффективности» предприятия. Анализ указанных документов свидетельствует о том, что в целом направления и объёмы мероприятий по снижению выбросов масштабны, по ряду компонентов выбросов адекватны тем факторам опасности, которые выявлены на этапе оценки риска и определены как общегородские приоритеты.

Снижение до 75% выбросов серы диоксида предполагается выполнить в рамках реализации мероприятий «Серной программы» и программы «Повышения экологической эффективности». Это обеспечит существенное снижение рисков здоровью, прежде всего в части предупреждения болезней органов дыхания.

Значимого сокращения выбросов оксида меди и оксида никеля в ближайшие годы предприятие не планирует. Завершение мероприятий по снижению выбросов оксида меди предполагается на Медном заводе при установке очистки отходящих газов анодных печей в 2033 г. Это позволяет прогнозировать сохранение неприемлемых уровней риска формирования нарушений здоровья у населения (прежде всего болезней органов дыхания) в результате длительного хронического загрязнения атмосферы этими примесями.

При этом необходимо отметить, что, несмотря на доминирующий вклад ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» в риски здоровью, мероприятия на других объектах (АО «ТГК Норильская нефтебаза», ООО «Медвежий ручей», Механический завод и Завод строительных материалов ООО «НОК» и пр.) также важны для существенного снижения угроз и опасностей. Это особенно актуально для селитебных территорий, приближенных к производственным территориям хозяйствующих субъектов.

Изменение структуры и интенсивности автомобильных транспортных потоков в границах жилой застройки не окажет существенного влияния на риски здоровью населения г. Норильска. По данным расчётов рассеивания, выполненных с использованием предоставленной сводной базы данных, учитывающей выбросы от передвижных источников в объёме 766,7798 т/год, вклад автотранспорта в канцерогенный риск составляет 1,46% (фактор риска здоровью – формальдегид).

## Заключение

Исследование показало, что, по данным сводных расчётов рассеивания, на территории г. Норильска формируется пожизненный канцерогенный риск на уровне  $2,1 \cdot 10^{-7}$  до  $1,85 \cdot 10^{-5}$ . Риск представляется недооценённым (заниженным).

При кратковременном ингаляционном воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух города, неприемлемые неканцерогенные риски (НИ  $\geq 1$ ) формируются в отношении органов дыхания (до 13,2 НИ), иммунной системы (до 26 НИ), воздействия на развивающееся потомство (до 9,9 НИ), развития системных нарушений (до 2,1 НИ), болезней крови (до 4,4 НИ). Неприемлемые уровни хронического неканцерогенного риска формируются в отношении нарушения функций органов дыхания (до 42,2 НИ), развития системных нарушений (до 32,7 НИ), возникновения болезней крови (до 5,4 НИ).

Неприемлемые, в том числе высокие уровни риска для здоровья жителей Норильска формируются на всей территории города, во всех административных районах: Центральном, Талнах и Кайеркан, жилком образовании Оганер. Под негативным воздействием выбросов находится всё население города – более 181,8 тыс. человек.

Приоритетными по критериям риска для здоровья населения являются примеси: оксид меди, оксид и сульфат никеля, свинец его соединения, оксиды азота, серная кислота, серы диоксид, углерода оксид, бензол, сумма всех видов производственной пыли (взвешенные вещества).

Направления и объёмы мероприятий по снижению выбросов в целом по городу и на объектах ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» масштабны и по ряду компонентов выбросов адекватны факторам риска, которые определены как общегородские приоритеты. Однако меры недостаточны и значительно отсрочены в отношении снижения выбросов тяжёлых металлов (соединений меди, никеля, свинца).

Принимая во внимание расхождения между уровнями расчётных рисков и рисков, получаемых при использовании данных инструментальных измерений, а также во избежание аттракции или, напротив, недооценки рисков здоровью, представляется целесообразным дополнить оценку рисков здоровью данными о фактической заболеваемости населения и результатами специальных медико-биологических исследований по тем видам нарушений здоровья, которые идентифицированы как зависимые от уровня загрязнения атмосферы г. Норильска. Это позволит минимизировать опасность неадресных и/или неэффективных вложений в природоохранные мероприятия.

Представляется целесообразным в условиях технической и/или организационной недостижимости приемлемых рисков для здоровья населения включение в планы мер медико-профилактического характера, предусмотренных Федеральным законом от 26.07.2019 г. № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ...» в качестве компенсационных мероприятий.

## Литература

(п.п. 14–17, 19 см. References)

1. Государственный доклад Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2019 год». Available at: <https://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/45884>
2. Государственный доклад Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2018 год». Available at: <https://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/39742>
3. Государственный доклад Минприроды России «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году». Available at: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/proekt\\_gosudarstvennogo\\_doklada\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federat2019/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federat2019/)
4. Лобковский В.А., Лобковская Л.Г. Экологическая ситуация в районе расположения предприятий Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»: современное состояние и прогноз. *Проблемы региональной экологии*. 2015; (5): 40–3.

5. Ревич Б.А., Харькова 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>
6. Карасев В.В., Децель А.Е., Штарик В.А., Дыхно Ю.А. Заболеваемость населения Норильского промышленного района раком легкого. *Вопросы онкологии*. 1992; 38(11): 1340–4.
7. Ананина О.А., Писарева В.Ф., Одинцова И.Н., Христенко Е.Л., Попкова Г.А., Христенко И.Д. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения г. Норильска. Формирование групп повышенного риска. *Сибирский онкологический журнал*. 2013; (4): 58–61.
8. Рудский В.В. Критерии оценки негативного воздействия горного производства на природную среду. *Фундаментальные исследования*. 2013; (10): 802–6.
9. Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? *Экологический вестник России*. 2020; (3): 58–68.
10. 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>
11. 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. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания»*. Пермь; 2020: 231–9.
12. 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; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-1-82-86>
13. 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>
18. Петров С.Б., Петров Б.А., Цапков П.И., Шешунова Т.И. Исследование биологического действия летучей золы в составе пылегазовой смеси. *Экология человека*. 2009; (12): 13–6.
20. 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): 124–33. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2018.02.10>

## References

1. The state report of the Ministry of Ecology and Rational Nature Management of the Krasnoyarsk Territory «On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory for 2019». Available at: <https://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/45884> (in Russian)
2. The state report of the Ministry of Ecology and Rational Nature Management of the Krasnoyarsk Territory «On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory for 2018». Available at: <https://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849/0/id/39742> (in Russian)
3. The state report of the Ministry of Natural Resources and Environment of Russia «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2019». Available at: [https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/proekt\\_gosudarstvennogo\\_doklada\\_o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federat2019/](https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/proekt_gosudarstvennogo_doklada_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federat2019/) (in Russian)
4. Lobkovskiy V.A., Lobkovskaya L.G. The ecological situation around the arrangement of the enterprises of the polar branch of the MMC Norilsk Nickel: current state and forecast. *Problemy regional'noy ekologii*. 2015; (5): 40–3. (in Russian)
5. Revich B.A., Khar'kova T.L., Kvasha E.A. Selected health parameters of people living in cities included into «Pure air» Federal Project. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (2): 16–27. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.02.eng> (in Russian)
6. Karasev V.V., Detsel' A.E., Shtarik V.A., Dykhno Yu.A. Morbidity with lung cancer among population living in Norilsk industrial region. *Voprosy onkologii*. 1992; 38(11): 1340–4. (in Russian)
7. Ananina O.A., Pisareva V.F., Odintsova I.N., Khristenko E.L., Popkova G.A., Khristenko I.D. Cancer incidence among population of Norilsk. Formation of high risk groups for cancer. *Sibirskiy onkologicheskij zhurnal*. 2013; (4): 58–61. (in Russian)
8. Rudskiy V.V. Criteria for the assessment of negative influence of mining on the environment. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; (10): 802–6. (in Russian)
9. Revich B.A. Is «Pure air» project truly effective for improvement of population health in 12 cities? *Ekologicheskij vestnik Rossii*. 2020; (3): 58–68. (in Russian)
10. Popova A.Yu., Zaytseva N.V., May I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within «pure air» federal project. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01.eng> (in Russian)
11. Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislicin V.A., Mityagina A.V., Pogonina T.A. Experience and prospects of 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: Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. *Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Health Risk Analysis 2020 Jointed with International Meeting on Environment and Health RISE 2020 and Food Safety Roundtable» [Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Analiz riska zdorov'yu – 2020 sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya»]*. Perm'; 2020: 231–9. (in Russian)
12. Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Volkodaeva M.V., Eremin G.B. 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 (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-1-82-86> (in Russian)
13. 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. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (4): 30–6. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03.eng> (in Russian)
14. Brunekreef B. Environmental epidemiology and risk assessment. *Toxicol. Lett*. 2008; 180(2): 118–22. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2008.05.012>
15. Academy of Medical Sciences Official Website. An Academy of Medical Sciences working group report chaired by Sir Michael Rutter CBE FRS FBA FMedSci «Identifying the environmental cause of disease: how should we decide what to believe and when to take action?» Available at: <https://acmedsci.ac.uk/file-download/34586-A5WebRea.pdf>
16. O'Donnell M.J., Chin S.L., Rangarajan S., Xavier D., Liu L., Zhang H., et al. Global and regional effects of potentially modifiable risk factors associated with acute stroke in 32 countries (INTERSTROKE): a case-control study. *Lancet*. 2016; 388(10046): 761–75. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30506-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30506-2)
17. Li N., Wang M., Bramble L.A., Schmitz D.A. The adjuvant effect of ambient particulate matter is closely reflected by the particulate oxidant potential. *Environ. Health Perspect*. 2009; 117(7): 1116–23. <https://doi.org/10.1289/ehp.0800319>
18. Petrov S.B., Petrov B.A., Tsapok P.I., Sheshunova T.I. Research of biological action flying ashes in structure of dust-gas mixture. *Ekologiya cheloveka*. 2009; (12): 13–6. (in Russian)
19. Sorensen M., Daneshvar B., Hansen M., Dragsted L.O., Hertel O., Knudsen L., et al. Personal PM<sub>2.5</sub> exposure and markers of oxidative stress in blood. *Environ. Health Perspect*. 2003; 111(2): 161–6. <https://doi.org/10.1289/ehp.5646>
20. Zagorodnov S.Yu. 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): 124–33. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2018.02.10> (in Russian)