

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 614.442: 578.834.1  
DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.01



Научная статья

## КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ КАК ОБЪЕКТИВНЫЕ КРИТЕРИИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВОЗДУХООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ-УЧАСТНИКОВ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЧИСТЫЙ ВОЗДУХ»

**Н.В. Зайцева, И.В. Май**

Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

*Актуальность исследования определена важностью оценки результативности и эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» в отношении здоровья населения городов-участников проекта.*

*Цель настоящего исследования состояла в анализе динамики изменения уровней загрязнения атмосферного воздуха и аэрогенного риска для здоровья человека в городах-участниках проекта «Чистый воздух» за период 2020–2022 гг. и оценке адекватности мер по снижению выбросов уровням и факторам риска.*

*Исследование выполнялось на базе результатов натурных наблюдений за качеством воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга. Мониторингу подлежали приоритетные примеси, которые по данным расчетов рассеивания вносили вклады в 95 % недопустимого риска для здоровья. Процедуру оценки риска выполняли в соответствии со стандартными алгоритмами и критериями. Оценка направленности и адекватности воздухоохраных мероприятий выполняли на примере г. Норильска.*

*Установлено, что во всех городах-участниках проекта в период наблюдений регистрировались превышения гигиенических нормативов содержания вредных веществ в воздухе. Существенного снижения уровней загрязнения атмосферы не отмечено. Отсутствовала и положительная динамика снижения рисков для здоровья. В 2022 г. в городах Челябинске, Медногорске, Норильске, Красноярске, Липецке, Чите риск формирования болезней органов дыхания при хроническом воздействии характеризовался как высокий (индекс опасности,  $HI 10,5 \div 43$ ), в Братске, Новокузнецке, Магнитогорске, Омске – как «настораживающий» ( $HI 4,0 \div 5,8$ ). Допустимым риск оставался на протяжении периода наблюдений только в г. Череповце ( $HI < 3$ ).*

*Декларируемое хозяйствующими субъектами снижение выбросов загрязняющих веществ до настоящего времени не обеспечивает отсутствие недопустимых рисков для здоровья населения в 11 из 12 городов. Необоснованная ориентация на 20%-ное снижение выбросов всех включенных в эксперимент хозяйствующих субъектов и недоучет критериев риска в процедуре квотирования может иметь следствием отсутствие существенного эффекта для здоровья населения городов, а в ряде случаев приводит к избыточным финансовым затратам на мероприятия, не влияющие существенно на санитарно-гигиеническую ситуацию.*

**Ключевые слова:** федеральный проект, социально-гигиенический мониторинг, качество воздуха, риск для здоровья, индекс опасности, воздухоохраные мероприятия, квотирование.

Федеральный проект «Чистый воздух» разрабатывался целенаправленно для существенного улучшения качества среды обитания населения ряда городов с высоким или очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха [1, 2]. Такое целеполагание представлялось неслучайным, поскольку

негативное влияние атмосферного воздуха на медико-демографические показатели (смертность и заболеваемость населения) доказано многими отечественными и зарубежными исследователями [3–9].

Первоначально в проект и эксперимент по управлению качеством воздуха через систему квоти-

© Зайцева Н.В., Май И.В., 2023

**Зайцева Нина Владимировна** – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: [znv@fcrisk.ru](mailto:znv@fcrisk.ru); тел.: 8 (342) 237-25-34; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

**Май Ирина Владиславовна** – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: [may@fcrisk.ru](mailto:may@fcrisk.ru); тел.: 8 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>).

рования выбросов вошли 12 городов-участников (Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец, Чита). С 1 сентября 2023 г. к эксперименту подключатся еще 29 новых городов, преимущественно из Сибири и Дальнего Востока. Программы и планы действий в рамках проекта «Чистый воздух» формируются максимально комплексно. Затрагиваются все направления мероприятий по снижению выбросов – модернизация производств, замещение котельных, перевод частных домовладений с угля на экологичное отопление, развитие транспортной инфраструктуры и запуск общественного транспорта на газомоторном топливе.

Основным конечным результатом проекта, несомненно, должно явиться повышение качества жизни населения городов, включенных в эксперимент [10, 11]. Эта цель не сформулирована напрямую в паспорте проекта, однако, именно сохранение здоровья нации и преумножение человеческого потенциала отвечает всем стратегическим направлениям развития страны [12–14].

Федеральный проект предусматривает значительные финансовые вложения, и оценка результативности и эффективности средств, затраченных федеральным бюджетом в реализацию мероприятий, представляет особый интерес. Полагаем, что оптимизация таких вложений также должна быть востребованной.

Постановлением Правительства<sup>1</sup> (п. 12 «Правил...») определено, что результатами предоставления бюджетных трансфертов являются:

- снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха;
- снижение совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от уровня 2017 г.;
- объем потребления природного газа в качестве моторного топлива.

Безусловно, снижение объемов выбросов, реализация технических, технологических, организационных мероприятий, предполагающих снижение валового выброса загрязняющих веществ, – важнейшие итоговые показатели проекта. Однако первым стоит именно показатель (результат) «Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха». Вместе с тем в паспорте федерального проекта этот показатель трансформировался в «Снижение выбросов опасных загрязняющих веществ, оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека». Таким образом, изменения уровня загрязнения воздуха предлагается

характеризовать через объемы выбросов. Несомненно, уровни загрязнения приземного слоя атмосферы находятся в прямой зависимости от массы выбрасываемых веществ. Однако зависимости в системе «выброс – загрязнение воздуха – здоровье населения» гораздо более сложные и требуют обязательного учета, поскольку именно население рассматривается как реципиент улучшения ситуации на урбанизированных территориях, которые и являются объектами реализации федерального проекта.

Представляется, что объективными показателями эффективности и результативности воздухоохранной деятельности на территории являются:

- концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, установленные прямыми инструментальными измерениями на постах экологического и/или социально-гигиенического мониторинга (СГМ), частота и интенсивность нарушения гигиенических нормативов;
- уровни рисков для здоровья, оцененные не только по данным расчетов рассеивания, но и по данным натурных исследований;
- показатели реальной обращаемости населения за медицинской помощью, которые могут и должны рассматриваться при оценке результативности принимаемых мер и эффективности осуществляемых вложений [15–17].

**Цель исследования** состояла в анализе динамики изменения уровней загрязнения атмосферного воздуха и аэрогенного риска для здоровья человека в городах-участниках проекта «Чистый воздух» за период 2020–2022 гг. и оценке направленности и адекватности мер по снижению выбросов уровням и факторам риска.

**Материалы и методы.** Качество воздуха в городах в период 2020–2022 гг. оценивали по данным социально-гигиенического мониторинга. Следует отметить, что, в отличие от постов Росгидромета, посты социально-гигиенического мониторинга характеризуют зоны наибольших уровней риска для здоровья, что обеспечивает систематические наблюдения за уровнем наибольших угроз и опасностей [18–20].

Инструментальные исследования в городах выполнялись силами центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Федерации. Все испытательные лабораторные центры имели аккредитацию в части проведения измерений качества атмосферного воздуха. Отбор проб выполнялся по полным и/или неполным программам наблюдения. Для гигиенических оценок и оценки риска здоровью принимали во внимание данные, которые обеспечивали расчет

<sup>1</sup> Об утверждении Правил предоставления и распределения иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, обеспечивающих достижение целей, показателей и результатов федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология»: Постановление Правительства Российской Федерации от 05.12.2019 г. № 1600 [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/bgdJwTAcotUFNWAeh3nCNb7oUgh7f608.pdf> (дата обращения: 21.01.2023).

среднегодовых концентраций (не менее 300 разовых или не менее 75 суточных измерений по каждому веществу в каждой точке отбора проб). Программы наблюдения включали все примеси, которые вносили вклады в 95 % недопустимого риска для здоровья, были определены как приоритетные и закреплены письмами главного государственного санитарного врача<sup>2</sup>. Среднегодовую концентрацию для оценки риска принимали на уровне верхней 95%-ной доверительной границы среднего. Если в более чем в 95 % проб в течение года концентрация вещества регистрировалась на уровне ниже порога определения метода, ее исключали из оценки риска.

Процедуру оценки риска выполняли в полном соответствии с алгоритмами и критериями, отраженными в Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска ...»<sup>3</sup>. Классификацию риска принимали в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.1.10.0156-19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения...»<sup>4</sup>.

Для анализа воздухоохраных мероприятий использовали результаты расчетной оценки вклада отдельных химических веществ и в целом хозяйствующих субъектов в неприемлемые риски для здоровья (с применением сводной базы данных параметров источников выбросов по городу).

Вклад отдельного объекта (предприятия, автотранспорта, автономных источников теплоснабжения (АИТ)) в показатель риска определяли как взвешенное среднее вкладов предприятия в точках 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  $k$ -й точке;

$HQ_i^k$  – значение коэффициента опасности  $i$ -го вещества в  $k$ -й точке;

$\delta_{i,j}^k$  – вклад  $j$ -го предприятия в загрязнение атмосферного воздуха в  $k$ -й точке по  $i$ -му веществу.

Расчет вклада объектов в индекс опасности проводили только для зон неприемлемого риска отдельно для каждого критического органа или систе-

мы. По результатам оценки вкладов определяли приоритетные объекты, формирующие неприемлемые риски для здоровья населения города.

Оценку направленности и адекватности воздухоохраных мероприятий выполняли на примере г. Норильска. Параметры мероприятий принимали в соответствии с Комплексным планом региона по снижению выбросов загрязняющих веществ и с документами хозяйствующих субъектов, подготовленных для задач квотирования выбросов.

Выполняли сравнение предлагаемых квот и уровней снижения выбросов с вкладами хозяйствующего субъекта в неприемлемые риски в целом и по отдельным химическим компонентам выбросов.

**Результаты и их обоснование.** Установлено, что во всех 12 городах инструментальные исследования выполнялись по сформированным программам в требуемом объеме.

Фактически во всех городах-участниках проекта в течение всего периода наблюдений регистрировались превышения гигиенических нормативов по одному или нескольким приоритетным веществам

Так, к примеру, в г. Красноярске в 2022 г. в целом по городу среднегодовые концентрации шести веществ превысили ПДК<sub>ср</sub>. Из 14 приоритетных примесей (отдельные виды приоритетных пылей на постах измеряются как «взвешенные вещества») повышенные уровни загрязнения были зафиксированы по азоту оксиду (3,32 ПДК<sub>ср</sub>), азоту диоксиду (4,60 ПДК<sub>ср</sub>), взвешенным веществам (1,21 ПДК<sub>ср</sub>), бенз(а)пирену (до 2,07 ПДК<sub>ср</sub>). Не вошли в список приоритетных веществ<sup>5</sup>, но регистрируются на постах наблюдения в высоких концентрациях взвешенные частицы РМ<sub>10</sub> (до 1,47 ПДК<sub>ср</sub>), взвешенные частицы РМ<sub>2,5</sub> (до 2,11 ПДК<sub>ср</sub>). Бензол – опасный токсикант и канцероген зарегистрирован на постах мониторинга на уровне одного ПДК<sub>ср</sub>.

В Челябинске за этот же период в целом по городу среднегодовые концентрации семи веществ превысили ПДК<sub>ср</sub>: бензол (до 4,81 ПДК<sub>ср</sub>), диметилбензол (до 1,79 ПДК<sub>ср</sub>), проп-2-ен-1-аль (до 5,61 ПДК<sub>ср</sub>), серная кислота (до 26,4 ПДК<sub>ср</sub>), трихлорэтилен (до 1,43 ПДК<sub>ср</sub>), формальдегид (до 1,13 ПДК<sub>ср</sub>), этилбензол (до 2,87 ПДК<sub>ср</sub>).

<sup>2</sup> Перечни приоритетных загрязняющих веществ для территорий г. Братск, г. Нижний Тагил, г. Череповец: письмо Роспотребнадзора от 23.11.2020 № 02/23971-2020-23; Перечни приоритетных загрязняющих веществ для территорий эксперимента (г. Норильск г. Липецк, г. Челябинск, г. Красноярск): письмо Роспотребнадзора от 11.12.2020 № 02/25401-2020-23; Перечни приоритетных загрязняющих веществ для территорий эксперимента (г. Магнитогорск, г. Омск, г. Чита, г. Медногорск, г. Новокузнецк): письмо Роспотребнадзора от 21.12.2020 № 02/26092-2020-23.

<sup>3</sup> Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 21.01.2023).

<sup>4</sup> МР 2.1.10.0156-19. 2.1.10. Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения: методические рекомендации [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_415503/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415503/) (дата обращения: 21.01.2023).

<sup>5</sup> По причине отсутствия учета в выбросах источников промышленных предприятий и, соответственно, в данных сводных расчетов по городу.

В Норильске были зафиксированы уровни до 1,5 ПДК<sub>с.г.</sub> по диоксиду азота, до 5 ПДК<sub>с.г.</sub> – по бензолу, до 5,6 ПДК<sub>с.г.</sub> – по марганцу и 15,4 ПДК<sub>с.г.</sub> – по оксиду меди.

В Омске средние по городу концентрации выше гигиенических нормативов были отмечены в 2022 г. по бенз(а)пирену (1,8 ПДК<sub>с.г.</sub>) и бензолу (3,3 ПДК<sub>с.г.</sub>) и т.п.

Наиболее благоприятная ситуация была характерна для г. Череповца, где в течение 2022 г. на постах СГМ были зарегистрированы превышения гигиенических нормативов только по соединениям хрома.

Следует отметить, что за исследованный период в городах не регистрировали существенного изменения санитарно-гигиенической ситуации с качеством атмосферы. Изменения либо носили неста-

бильный характер, либо находились в пределах статистической погрешности. В качестве примера в табл. 1 приведена динамика среднегодовых концентраций приоритетных примесей в г. Красноярске. По некоторым веществам отмечено небольшое снижение (марганец, формальдегид). Однако по таким веществам, как оксид и диоксид азота, бенз(а)пирен, фтористые соединения, отмечен рост среднегодовых уровней содержания в атмосфере города.

Близкая ситуация сложилась в г. Норильске (табл. 2). За период наблюдений выросли приземные концентрации диоксида азота, взвешенных веществ, оксида меди – веществ, которые вносят существенный вклад в негативное воздействие на здоровье населения. Значимого снижения среднегодовых концентрация иных веществ не отмечено.

Таблица 1

Среднегодовые концентрации приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в целом по г. Красноярску за 2020–2022 гг. (по данным СГМ), доли ПДК<sub>с.г.</sub>

Наименование вещества	ПДК <sub>с.г.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	2020	2021	2022**
П* Азот (II) оксид	0,06	0,65	0,74	3,32 (2,62–4,36)
П Азота диоксид	0,04	0,74	1,0	4,60 (4,13–4,99)
П Бенз(а)пирен	0,000001	1,72	1,94	2,07 (0,91–3,74)
П Бензол	0,005	–***	0,99	1,00 (0,89–1,12)
П Взвешенные вещества	0,075	1,04	0,90	1,21 (0,68–1,60)
П Алюминий триоксид	0,005	0,08	–	0,07 (0,07)
П Марганец и его соединения	0,0005	1,37	–	0,69 (0,69)
П Никель оксид	0,00005	1,63	–	–
П Серы диоксид	–	–	–	–
П Углерод (сажа)	0,025	0,02	0,03	0,08 (0,08)
П Формальдегид	0,003	0,99	0,10	0,44 (0,10–0,80)
П Фтористые газообр.	–	0,14	0,13	0,27 (0,20–0,41)
Частицы РМ <sub>10</sub>	0,04	1,56	1,36	1,47 (0,92–2,25)
Частицы РМ <sub>2,5</sub>	0,025	2,30	1,89	2,11 (1,30–2,46)

Примечание: \* – входит в список приоритетных веществ; \*\* – в скобках указано минимальное и максимальное значение на отдельных постах СГМ; \*\*\* – недостаточно измерений для расчета среднегодовой концентрации или измерения не проводились.

Таблица 2

Среднегодовые концентрации приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в целом по г. Норильску за 2020–2022 гг. (по данным СГМ) доли ПДК<sub>с.г.</sub>

Наименование вещества	ПДК <sub>с.г.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	2020	2021	2022**
П* Азота диоксид	0,04	0,28	0,98	1,48 (1,43–1,54)
П Бенз(а)пирен	0,000001	–***	–	–
П Бензол	0,005	–	–	4,93 (4,55–5,97)
П Взвешенные вещества	0,075	0,29	0,30	0,46 (0,46)
П Дигидросульфид	0,002	0,13	0,28	0,09 (0,05–0,17)
П Марганец и его соединения	0,0005	–	–	5,58 (4,16–6,68)
П Меди оксид	0,00002	9,10	18,02	15,43 (5,65–32,9)
П Никель оксид	0,00005	0,67	1,70	–
П Серы диоксид	0,05****	49,4	40,7	–
П Свинец и его неорг. соединения	0,00015	0,28	0,32	0,30 (0,27–0,33)
П Хром (на Cr+6)	0,000008	–	–	0,13 (0,08–0,16)
Частицы РМ <sub>10</sub>	0,04	0,53	0,52	0,20 (0,16–0,26)
Частицы РМ <sub>2,5</sub>	0,025	0,76	0,71	0,08 (0,04–0,11)

Примечание: \* – входит в список приоритетных веществ; \*\* – в скобках указано минимальное и максимальное значение на отдельных постах СГМ; \*\*\* – недостаточно измерений для расчета среднегодовой концентрации или измерения не проводились; \*\*\*\* – ПДК<sub>с.г.</sub>

Динамика хронического неканцерогенного (для органов дыхания) риска и суммарного канцерогенного риска для здоровья населения 12 городов-участников федерального проекта «Чистый воздух»

Город	Уровень хронического неканцерогенного риска для органов дыхания ( $HI$ ) *			Суммарный канцерогенный риск ( $R_{cr}$ )		
	год			год		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Челябинск	33,5	16,5	42,6	9,1E-03	6,5E-03	5,5E-03
Медногорск	10,5	8,2	13,5	6,8E-05	6,7E-05	7,8E-05
Норильск	30,9	43,6	29,0	2,8E-07	3,3E-07	1,23E-4
Братск	16,3	6,3	4,5	2,1E-04	2,5E-04	8,4E-05
Чита	12,2	13,1	34,3	3,2E-06	9,2E-05	1,4E-04
Нижний Тагил	5,0	12,5	5,0	2,8E-04	2,5E-04	4,6E-04
Красноярск	5,11	3,7	10,5	3,2E-04	2,4E-05	2,9E-05
Новокузнецк	8,4	4,9	5,1	1,7E-04	1,1E-04	6,9E-05
Липецк	2,4	17,5	17,9	7,7E-06	1,0E-05	3,2E-05
Магнитогорск	5,6	6,3	4,0	5,4E-06	5,8E-04	1,1E-05
Омск	4,7	5,6	5,8	1,1E-04	1,3E-04	1,3E-04
Череповец	1,2	2,7	1,6	3,7E-07	1,2E-06	3,6E-07

Примечание:

	Риск высокий, $HI > 6,0$ ; $R_{cr} > 1,1E-0,3$
	Риск настораживающий: $6,0 \geq HI > 3,0$ ; $1,1E-03 \geq R_{cr} > 1,0E-04$
	Риск низкий, допустимый $3,0 \geq HI > 1,0$ ; $1,0E-04 \geq R_{cr} > 1,0E-06$
	Риск целевой, пренебрежимо малый $HI < 1,0$ ; $R_{cr} \leq 1,0E-06$

Как следствие отсутствия существенной динамики улучшения качества воздуха и, соответственно, снижения экспозиции населения, риски для здоровья населения изменяются незначительно. В табл. 3 приведена обобщенная динамика канцерогенного риска для жителей городов и хронического неканцерогенного риска формирования болезней органов дыхания (как наиболее часто и повсеместно поражаемой системы при загрязнении атмосферного воздуха).

Следует отметить, что до 2020 г. по данным инструментальных измерений риски в городах не оценивались, и увидеть динамику возможно только за период 2020–2022 гг.

Отсутствие существенных изменений в качестве атмосферного воздуха не всегда коррелирует с данными о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух и данными о реализации воздухоохраных мероприятий. Так, в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году»<sup>6</sup> в г. Челябинске только в 2020 г. декларировано снижение выбросов на 13 % (на 18,2 тысяч тонн). По сравнению с 2017 г. выбросы сократились на 17 % – это очень близко к целевому показателю федерального проекта, который предполагает снижение выбросов на 20 %. Однако риски для здоровья населения в городе не просто остались на одном – высоком – уровне, но в части неканцерогенного хронического риска даже выросли и по сравнению с 2020 г., и по сравнению с 2021 г.

Заявляют о сокращении выбросов и предприятия г. Липецка. По данным отчетной статистики в 2022 г. выбросы, по сравнению с 2021 г., сократились почти на 10 тысяч тонн (в основном за счет снижения выбросов оксида азота и оксида углерода). Такое сокращение, тем не менее, не обеспечило существенного улучшения ситуации – риск формирования болезней органов дыхания у жителей города остался на высоком уровне (в основном по причине отсутствия существенного снижения содержания в воздухе соединений хрома – высокотоксичного и канцерогенного вещества). Обращает на себя внимание и небольшой, но стабильный рост уровня потенциального канцерогенного риска для здоровья населения города. Риск, хотя и находится в диапазоне «низкий», допустимый, но увеличился за три года наблюдения почти в 4 раза.

По г. Норильску по данным хозяйствующих субъектов (отчетные формы «2-тп Воздух») выбросы с 2019 по 2022 г. сократились более чем на 216 тысяч тонн. Однако неканцерогенный риск в отношении болезней органов дыхания остался практически на уровне 2020 г., а канцерогенный риск даже вырос.

С целью анализа ситуации в качестве примера выполнен прогноз итогов реализации планов воздухоохраных мероприятий Заполярного филиала ПАО ГМК «Норникель» (основного хозяйствующего субъекта – источника загрязнения атмосферного воздуха) с позиций обеспечения гигиенической безопасности населения, которую рассматривали

<sup>6</sup> О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – URL: <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 21.01.2023).

Прогноз итогов реализации мероприятий Заполярного филиала ПАО ГМК «Норникель»

Компонент выбросов	Выбросы в 2019 г., т/г.	Выброс в 2024 г., т/г. (20 % снижения)	Достаточность по критериям риска для здоровья	Остаточный риск (по данной примеси от данного предприятия)
Никель сульфат	1,12	0,90	Достаточно	Приемлемый
Свинец и его соединения	12,31	9,85	Недостаточно	Неприемлемый,стораживающий
Меди оксид	487,50	390,00	Недостаточно	Неприемлемый, высокий
Никеля оксид	238,19	190,55	Недостаточно	Неприемлемый, высокий
Серная кислота	13454,23	10763,39	Недостаточно	Неприемлемый
Бензол	3,47	2,78	Избыточно, предприятие не вносит вклад в неприемлемый риск	Приемлемый
Азот (II) оксид	2001,65	1601,32	Достаточно	Приемлемый
Азота диоксид	12731,81	10185,45	Достаточно	Приемлемый
Серы диоксид	1802181,58	1441745,26	Недостаточно	Неприемлемый,стораживающий
Углерода оксид	20121,67	16097,34	Избыточно, предприятие не является основным источником	Приемлемый
Сумма пылей (взвешенные вещества)	8473,33	6778,67	Недостаточно	Неприемлемый,стораживающий

как отсутствие недопустимого риска для здоровья. Принимая во внимание задачи, которые в ходе эксперимента по квотированию ставятся перед хозяйствующими субъектами, оценивали последствия 20%-ного снижения выбросов опасных веществ для здоровья населения города.

Оценку проводили с учетом решения оптимизационной задачи, когда критерием оптимизации является минимальное снижение выбросов, обеспечивающее соблюдение в любой расчетной точке селитебной территории города обязательное соблюдение гигиенических нормативов и уровней приемлемого канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья. Обобщенные результаты приведены в табл. 4.

Как видно из представленных данных, отсутствие достаточного снижения выбросов оксидов меди и никеля имеет следствием сохранение высоких рисков формирования нарушений здоровья у населения (болезней органов дыхания, болезней крови, системных нарушений). При этом квотирование выбросов и снижение масс оксидов углерода и бензола являются избыточными, не оказывающими существенного влияния на уровни риска для здоровья.

Ситуация по Норильску представляется типичной для всех городов федерального проекта.

Очевидно, что 20%-ное тотальное сокращение выбросов не в полной мере обеспечит отсутствие недопустимых рисков для здоровья даже в условиях полного достижения целевых показателей проекта.

В сложившихся условиях представляется, что именно Роспотребнадзор может и должен принимать на себя функции по обеспечению полного санитарно-эпидемиологического благополучия населения, нормативно закрепляя критерии здоровья населения во всей системе управления качеством среды обитания [21].

**Выводы.** В целом выполненное исследование показало:

- декларируемое хозяйствующими субъектами у городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух» снижение выбросов загрязняющих веществ до настоящего времени не обеспечивает отсутствие недопустимых аэрогенных рисков для здоровья населения в 11 из 12 городов. По данным социально-гигиенического мониторинга только в г. Череповце обеспечена гигиеническая безопасность населения и сохраняется уровень низкого допустимого риска, который не требует дополнительных мероприятий, но предполагает систематический контроль состояния среды обитания;

- ориентация регулятора эксперимента по квотированию выбросов на тотальное снижение выбросов всех включенных в эксперимент хозяйствующих субъектов на 20 % и недоучет критериев риска в процедуре квотирования может иметь следствием отсутствие существенного эффекта для здоровья населения городов, в ряде случаев приводить к избыточным финансовым затратам хозяйствующих субъектов на мероприятия, не влияющие существенно на санитарно-гигиеническую ситуацию;

- целесообразной является рекогносцировочная оценка направленности и адекватности мероприятий по критериям допустимого риска и оценка остаточного риска после выполнения как отдельных природоохранных мероприятий, так и всей совокупности мер, предусмотренных Комплексными планами по снижению выбросов, и своевременная их доработка и/или корректировка;

- достижение приемлемого риска должно подкрепляться эпидемиологическими данными на территории и результатами углубленных медико-биологических исследований, цель которых – формирова-

ние надежной доказательной базы отсутствия или сохранения вреда здоровью населения в условиях сокращения выбросов до целевого уровня, установленного экологическим нормами;

– сопряженный анализ взаимосвязанных данных в системе «расчеты рассеивания – результаты инструментальных (натурных) измерений качества воздуха – риск здоровью – реальный вред здоровью» является залогом принятия оптимальных управленческих решений, ориентированных, прежде всего, на здоровье населения гордov-участников проекта «Чистый воздух» и эксперимента по квотированию;

– анализ Комплексных планов показал обязательность разработки мер медико-профилактического характера и актуальность включения их в планы компенсационных мероприятий в условиях вре-

менной технической и/или организационной недостижимости приемлемых рисков, для здоровья населения. Представляется, что защита населения через систему медико-профилактических программ, в том числе при финансовой поддержке хозяйствующих субъектов – источников рисков может иметь важный социальный и экономический эффект за счет снижения тревожности населения, смягчения экологической напряженности и улучшения имиджа органов власти и бизнеса как социально-ответственных структур.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни / О.А. Марцынковский, О.В. Двинянина, А.А. Васькина А.В. Романов // Стандарты и качество. – 2022. – № 3. – С. 93–95.
2. Шпакова Р.Н. Федеральный проект «Чистый воздух» как инструмент решения экологических проблем // В книге: Обзор реализации национальных проектов в Российской Федерации: целеполагание и достижение / В.И. Добросоцкий, Р.Н. Шпакова, Г.Н. Войникова [и др.]. – М.: ООО «Изд-во Магистр», 2022. – С. 25–53.
3. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks [Электронный ресурс]. – Geneva: WHO, 2016. – URL: <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en> (дата обращения: 21.01.2023).
4. Darbre P.D. Overview of air pollution and endocrine disorders // *Int. J. Gen. Med.* – 2018. – Vol. 11. – P. 191–207. DOI: 10.2147/ijgm.s102230
5. Лешук С.И., Очиржапова Д.Ц. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на здоровье населения // *Вестник ИрГСХА.* – 2012. – № 51. – С. 52–61.
6. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health / A. Prüss-Ustün, J. Wolf, C. Corvalán, T. Neville, R. Bos, M. Neira // *J. Public Health (Oxf.)*. – 2017. – Vol. 39, № 3. – P. 464–475. DOI: 10.1093/pubmed/fdw085
7. Колпакова А.Ф. О связи антропогенного загрязнения воздуха взвешенными частицами с риском развития онкологических заболеваний (обзор литературы) // *Гигиена и санитария.* – 2020. – Т. 99, № 3. – С. 298–302. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-298-302
8. Carpenter D.O., Bushkin-Bedient S. Exposure to chemicals and radiation during childhood and risk for cancer later in life // *J. Adolesc. Health.* – 2013. – Vol. 52, Suppl. 5. – P. S21–S29. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2013.01.027
9. Bioaccessibility of selected trace metals in urban PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> samples: a model study / T. Falta, A. Limbeck, G. Koellensperger, S. Hann // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2008. – Vol. 390, № 4. – P. 1149–1157. DOI: 10.1007/s00216-007-1762-5
10. Ревич Б.А. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? // *Экологический вестник России.* – 2020. – № 3. – С. 58–68.
11. 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
12. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО.* – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.
13. Стратегические цели развития России на ближайшие 25–30 лет / Л.И. Сафина, Е.С. Свешникова, А.А. Трубин, М.Д. Фадеева // *Современные тенденции развития науки и технологий.* – 2016. – № 7–8. – С. 108–110.
14. Колин К.К. Стратегические цели, приоритеты и проблемы развития России на период до 2030 года // В книге: Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития / З.К. Авдеева, П.Ю. Барышников, Д.А. Журенков, А.А. Зацаринный, Н.И. Ильин, К.К. Колин, В.Е. Лепский, Г.Г. Малинецкий [и др.]. – М.: ООО «Когито-Центр», 2018. – С. 63–105.
15. Гигиеническая оценка эффективности воздухоохраных мероприятий на объектах теплоэнергетики / А.М. Андришунас, С.В. Клейн, Д.В. Горяев, С.Ю. Балашов, С.Ю. Загороднов // *Гигиена и санитария.* – 2022. – Т. 101, № 11. – С. 1290–1298. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298
16. Опыт применения статистико-математических технологий для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения в крупном промышленном центре / Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына, В.А. Штайгер, Р.А. Голиков // *Гигиена и санитария.* – 2021. – Т. 100, № 7. – С. 663–667. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
17. Здоровье мегаполиса. Международный рейтинг городов-лидеров повестки Urban Health / С. Ганжинова, И. Красноперова, Г. Мальцев, П. Рачев, Н. Румянцев. – М.: Автономная некоммерческая организация «Московский урбанистический форум», 2019. – 600 с.
18. Использование данных регионального информационного фонда СГМ для оценки риска здоровью населения г. Липецка / С.И. Савельев, В.А. Бондарев, Н.В. Нахичеванская, М.Ф. Полякова, Г.А. Юрьев, В.М. Салтыков, Е.А. Голованова // *Анализ риска здоровью.* – 2013. – № 1. – С. 41–51.

19. Методические подходы к обработке результатов лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха для целей проведения оценки риска здоровью / Е.Л. Овчинникова, С.В. Никитин, А.С. Колчин, Ю.А. Новикова, В.Н. Федоров, А.С. Крига, О.В. Плотникова, М.Н. Черкашина [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2022. – № 3. – С. 36–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43

20. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) / В.Б. Гурвич, Д.Н. Козловских, И.А. Власов, И.В. Чистякова, С.В. Ярушин, А.С. Корнилов, Д.В. Кузьмин, О.Л. Малых [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 9. – С. 38–47. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47

21. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, Д.В. Горяев // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.01

*Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.01*

UDC 614.442: 578.834.1  
DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.01.eng



Research article

## AMBIENT AIR QUALITY AND HEALTH RISKS AS OBJECTIVE INDICATORS TO ESTIMATE EFFECTIVENESS OF AIR PROTECTION IN CITIES INCLUDED INTO THE ‘CLEAN AIR’ FEDERAL PROJECT

**N.V. Zaitseva, I.V. May**

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 6140045, Russian Federation

*It is important to estimate effectiveness and results achieved by measures implemented within the ‘Clean Air’ Federal project as regards public health in cities included into it.*

*The aim of this study was to analyze changes in levels of ambient air pollution and airborne health risks in cities included into the ‘Clean Air’ Federal project in dynamics over 2020–2022 and to estimate whether the measures aimed at reduction of emissions were adequate to risk rates and factors.*

*The study relied on analyzing the results of field observations over ambient air quality within social and hygienic monitoring. Monitoring covered priority chemicals that made 95 % contributions to impermissible health risks according to dispersion calculations. Risk assessment was performed as per standard algorithms and indicators. Adequacy of air protection and correctness of its orientation were estimated in Norilsk as an example city.*

*The study established that levels of harmful chemicals in ambient were higher than hygienic standards over the analyzed period in all the cities participating in the project. We did not detect any significant reduction in ambient air pollution; there were no positive trends in health risks rates either. In 2022, a risk of respiratory diseases under chronic exposure was ranked as high (hazard index or HI 10.5÷43) in Chelyabinsk, Mednogorsk, Norilsk, Krasnoyarsk, Lipetsk, and Chita; it was ranked as ‘alerting’ in Bratsk, Chita, Novokuznetsk, Magnitogorsk, and Omsk (HI 4.0÷5.8). A permissible risk was identified over the analyzed period only in Cherepovets (HI<3).*

*So far, reductions in emissions of pollutants declared by economic entities have not ensured absence of impermissible health risks in 11 out of 12 cities. Ungrounded orientation to a 20 % reduction in emissions of all the economic entities included in the experiment and failure to consider risk indicators when setting quotas for emissions can lead to absence of any substantial effects for public health in the analyzed cities. In some cases, this may even result in excessive spending on activities that do not have any significant influence on a sanitary-hygienic situation.*

**Keywords:** Federal project, social and hygienic monitoring, ambient air quality, health risk, air protection, hazard index, setting quotas for emissions.

© Zaitseva N.V., May I.V., 2023

**Nina V. Zaitseva** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director (e-mail: znv@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-34; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

**Irina V. May** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director responsible for research work (e-mail: may@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-25-47; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7016>).



## References

1. Martsinkovskiy O.A., Dvinyanina O.V., Vas'kina A.A., Romanov A.V. Federal project "Clean Air": a new standard of living. *Standarty i kachestvo*, 2022, no. 3, pp. 93–95 (in Russian).
2. Shpakova R.N. Federal'nyi proekt «Chistyvi vozdukh» kak instrument resheniya ekologicheskikh problem [‘Clean Air’ Federal project as a tool for solving environmental problems]. In book: *Obzor realizatsii natsional'nykh proektov v Rossiiskoi Federatsii: tselepolaganie i dostizhenie* [Overview of the implementation of national projects in the Russian Federation: goal setting and achievement]; by V.I. Dobrosotskii, R.N. Shpakova, G.N. Voinikova [et al.]. Moscow, OOO «Izd-vo Magistr», 2022, pp. 25–53 (in Russian).
3. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva, WHO, 2016. Available at: <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en> (January 21, 2023).
4. Darbre P.D. Overview of air pollution and endocrine disorders. *Int. J. Gen. Med.*, 2018, vol. 11, pp. 191–207. DOI: 10.2147/ijgm.s102230
5. Leshchuk S.I., Ochirzhapova D.Ts. Anthropogenic contamination of atmosphere air and its influence on population's health. *Vestnik IrGSKhA*, 2012, no. 51, pp. 52–61 (in Russian).
6. Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Neville T., Bos R., Neira M. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *J. Public Health (Oxf.)*, 2017, vol. 39, no. 3, pp. 464–475. DOI: 10.1093/pubmed/fdw085
7. Kolpakova A.F. On the relationship of anthropogenic air pollution by particulate matter with cancer risk. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 3, pp. 298–302. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-298-302 (in Russian).
8. Carpenter D.O., Bushkin-Bedient S. Exposure to chemicals and radiation during childhood and risk for cancer later in life. *J. Adolesc. Health*, 2013, vol. 52, suppl. 5, pp. S21–S29. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2013.01.027
9. Falta T., Limbeck A., Koellensperger G., Hann S. Bioaccessibility of selected trace metals in urban PM2.5 and PM10 samples: a model study. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2008, vol. 390, no. 4, pp. 1149–1157. DOI: 10.1007/s00216-007-1762-5
10. Revich B.A. How effective is "Clean Air for health in 12 cities" project? *Ekologicheskii vestnik Rossii*, 2020, no. 3, pp. 58–68 (in Russian).
11. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within "Pure Air" Federal project. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 4, pp. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01.eng
12. Popova A.Yu. Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *ZNiSO*, 2014, vol. 251, no. 2, pp. 4–7 (in Russian).
13. Safina L.I., Sveshnikova E.S., Trubin A.A., Fadeeva M.D. Strategicheskie tseli razvitiya Rossii na blizhaishie 25–30 let [Strategic goals of Russia's development for the next 25–30 years]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*, 2016, no. 7–8, pp. 108–110 (in Russian).
14. Kolin K.K. Strategic aims, priorities and problems of development of Russia for the period till 2030. In book: *Strategic goal-setting in situational centers of development*; by Z.K. Avdeeva, P.Yu. Baryshnikov, D.A. Zhurenkov, A.A. Zatsarinny, N.I. Ilin, K.K. Kolin, V.E. Lepsy, G.G. Malinetsky [et al.]. Moscow, OOO «Kogito-Tsentru», 2018, pp. 63–105 (in Russian).
15. Andrishunas A.M., Kleyn S.V., Goryaev D.V., Balashov S.Yu., Zagorodnov S.Yu. Hygienic assessment of air protection activities at heat-and-power engineering enterprises. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 11, pp. 1290–1298. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1290-1298 (in Russian).
16. Surzhikov D.V., Kislytsyna V.V., Shtaiger V.A., Golikov R.A. Experience in using statistical and mathematical technologies to assess the impact of atmospheric pollution on public health in a large industrial center. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 7, pp. 663–667. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667 (in Russian).
17. Ganzhinova S., Krasnoperova I., Mal'tsev G., Rachev P., Rumyantsev N. Zdorov'e megapolisa. Mezhdunarodnyi renking gorodov-liderov povestki Urban Health [Metropolitan health. International ranking of leading cities on the Urban Health agenda]. Moscow, Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya «Moskovskii urbanisticheskii forum» Publ., 2019, 600 p. (in Russian).
18. Savelyev S.I., Bondarev V.A., Nakhichevanskaja N.V., Polyakova M.F., Yuriev G.A., Saltykov V.M., Golovanova E.A. Using data from a regional information fund of social and environmental health monitoring to assess human health risks in Lipetsk. *Health Risk Analysis*, 2013, no. 1, pp. 41–51. DOI: 10.21668/health.risk/2013.1.06.eng
19. Ovchinnikova E.L., Nikitin S.V., Kolchin A.S., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Kriga A.S., Plotnikova O.V., Cherkashina M.N. [et al.]. Methodological approaches to processing laboratory results of ambient air quality monitoring for the purposes of human health risk assessment. *ZNiSO*, 2022, no. 3, pp. 36–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43 (in Russian).
20. Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Vlasov I.A., Chistyakova I.V., Yarushin S.V., Kornilkov A.S., Kuzmin D.V., Malykh O.L. [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). *ZNiSO*, 2020, no. 9, pp. 38–47. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47 (in Russian).

Zaitseva N.V., May I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the 'Clean air' Federal project. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 1, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.01.eng

Получена: 05.02.2023

Одобрена: 11.03.2023

Принята к публикации: 25.03.2023