



Кузьмин С.В.¹, Додина Н.С.¹, Шашина Т.А.¹, Кислицин В.А.¹, Пинигин М.А.^{1,2},
Бударина О.В.²

Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия;

²ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью населения» Федерального медико-биологического агентства России, 119121, Москва, Россия

Введение. Современные эпидемиологические исследования свидетельствуют о том, что загрязнение атмосферного воздуха является одним из ведущих факторов риска развития неинфекционных заболеваний. Проблема оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения Российской Федерации является чрезвычайно актуальной и требует решения на федеральном и региональном уровнях.

Цель работы состояла в анализе современных методических подходов к диагностике, оценке влияния на здоровье населения атмосферных загрязнений и разработке предложений по совершенствованию системы управления рисками в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

Материалы и методы. Выполнено экспертно-аналитическое исследование. Материалы анализа – научные публикации по проблеме оценки влияния на здоровье атмосферных загрязнений и разработки системы управления рисками с учётом международного опыта и возможности её реализации в России и результаты, полученные в ходе выполнения федерального проекта «Чистый воздух» и при проведённых ранее натурных исследованиях атмосферного воздуха.

Результаты. Сформулированы основные направления дальнейшего развития методологии оценки неблагоприятного влияния на здоровье атмосферных загрязнений для решения методических и практических задач по минимизации риска для здоровья населения. Положительных результатов по управлению качеством атмосферного воздуха и снижению его негативного воздействия на здоровье можно добиться путём наращивания объёмов проведения наилучших достоверных исследований по установлению связей между загрязнением атмосферного воздуха и здоровьем населения; совершенствования подходов к обоснованию гигиенических нормативов атмосферных загрязнений; совершенствования методического и аналитического обеспечения натурных исследований; внедрения системного подхода к процессу регулирования качества атмосферного воздуха.

Ограничения настоящей работы связаны с тем, что в данной статье не отражены результаты собственных эпидемиологических исследований по установлению негативного воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения.

Заключение. Регулирование качества атмосферного воздуха для сохранения и улучшения здоровья населения требует разработки и внедрения долгосрочных программ обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, основу которых должна составлять расстановка здравоохранения и природоохранного приоритетов, установленных по результатам проведения системного анализа, включающего выявление причинно-следственной связи, определение приоритетных химических веществ и источников их поступления при наличии достоверных данных об уровнях воздействия на население.

Ключевые слова: атмосферный воздух; здоровье населения; управление риском; гигиеническое нормирование; ФП «Чистый воздух»

Для цитирования: Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1145–1150. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr>

Для корреспонденции: Додина Наталья Сергеевна, канд. мед. наук, зав. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора. E-mail: dodinans@fferisman.ru

Участие авторов: Кузьмин С.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Додина Н.С. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Шашина Т.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Кислицин В.А. – сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Пинигин М.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Бударина О.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование. Все соавторы – ответственность за целостность всех частей, утверждение окончательного варианта статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 22.08.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликована: 23.10.2022

Sergey V. Kuzmin¹, Natalia S. Dodina¹, Tatyana A. Shashina¹, Viktor A. Kislitsin¹,
Migmar A. Pinigin^{1,2}, Olga V. Budarina²

The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment, and prevention

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation;

²Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

Introduction. Modern epidemiological studies indicate atmospheric air pollution to be one of the leading risk factors for the development of non-communicable diseases. The problem of assessing the impact of atmospheric air pollution on the health of the Russian Federation population is extremely urgent and requires solutions at the federal and regional levels.

The purpose of the work was to analyze modern methodological approaches to diagnostics, assessment of the impact of atmospheric pollution on public health and to develop proposals for improving the risk management system to ensure sanitary and epidemiological well-being.

Materials and methods. An expert-analytical study was carried out. Analysis materials are scientific publications both on the problem of assessing of the atmospheric pollution impact on health and developing a risk management system based on international experience and the possibility of its implementation in Russia; the results of earlier field studies of atmospheric air, and the results obtained during the implementation of the federal project "Clean Air".

Results. The main directions of further development of the methodology for assessing the adverse impact of atmospheric pollution on health are formulated to solve methodological and practical problems of minimizing the risk to public health. Positive results in managing air quality and reducing its negative impact on health can be achieved by increasing the volume of conducting the best reliable research on establishing links between air pollution and public health, improving approaches to the justification of hygienic standards for atmospheric pollution, improvement of methodological and analytical support for field research, and introduction of a systematic approach to the process of regulation of atmospheric air quality.

Limitations. The limitations of the study are related to the fact that this article does not reflect the results of our own epidemiological studies to establish the negative impact of atmospheric pollution on public health.

Conclusion. The need to regulate the quality of atmospheric air for the purposes of maintaining and improving the health of the population requires the development and implementation of long-term programs to ensure sanitary and epidemiological well-being, the basis of which should be the placement of health and environmental priorities established by the results of a system analysis, including the establishment of a causal relationship, the identification of priority chemicals and their sources, if reliable data on levels of exposure to the population are available.

Keywords: atmospheric air; public health; risk management; hygienic rationing; federal project "Clean Air"

For citation: Kuzmin S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Pinigin M.A., Budarina O.V. The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment, and prevention. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1145-1150. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr> (In Russian)

For correspondence: Natalia S. Dodina, MD, PhD, Head of the department of Risk Analysis for Public Health of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: dodinans@fferisman.ru

Information about authors:

Kuzmin S.V., <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732>

Dodina N.S., <https://orcid.org/0000-0001-6693-922X>

Shashina T.A., <https://orcid.org/0000-0002-4190-0326>

Kislitsin V.A., <https://orcid.org/0000-0002-6575-2882>

Pinigin M.A., <https://orcid.org/0000-0001-5291-9009>

Budarina O.V., <https://orcid.org/0000-0003-4319-7192>

Contribution: Kuzmin S.V. – research concept and design, text writing, editing; Dodina N.S. – research concept and design, collection and processing of the material, text writing, editing; Shashina T.A. – research concept and design, collection and processing of the material, text writing; Kislitsin V.A. – collection and processing of the material, writing the text; Pinigin M.A., Budarina O.V. – research concept and design, text editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: August 22, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

Введение

В настоящее время атмосферные загрязнения являются одной из основных глобальных экологических проблем, влияющих на здоровье и благополучие человека, и одной из наиболее значимых причин преждевременной смерти в мире [1].

Анализ данных Росгидромета показывает, что на территории Российской Федерации в динамике за последние пять лет не происходило значимых изменений в уровнях загрязнения атмосферного воздуха. Для ряда территорий остаются характерными высокие концентрации атмосферных загрязнений. В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 9,6 млн человек, что составляет 9% городского населения [2]. В 37 городах с общим населением 13,7 млн человек максимальные концентрации загрязняющих веществ превышали 10 ПДК. Превышения максимальных разовых ПДК (ПДК_{м.р.}) в пробах атмосферного воздуха на стационарных постах Росгидромета в 2020 г. отмечены для диоксида азота, фтористого водорода, аммиака, оксида углерода, фенола, формальдегида, озона, взвешенных веществ и сероуглерода, хлорида водорода, сероводорода, этилбензола и бензо(а)пирена [2].

Научные доказательства наличия опасности и повышенного риска неблагоприятного воздействия на здоровье атмосферных загрязнений являются отправной точкой в разработке и принятии управленческих решений, направленных на регулирование качества атмосферного воздуха.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха и его влияния на здоровье населения Российской Федерации является чрезвычайно актуальной и требует решения на государственном, региональном и муниципальном уровнях.

Цель работы – анализ современных методических подходов к диагностике, оценке влияния на здоровье населения атмосферных загрязнений и разработке предложений по совершенствованию системы управления рисками для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

Материалы и методы

Выполнено экспертно-аналитическое исследование. Материалы анализа – российские нормативные документы, отечественные и зарубежные научные публикации, представленные в базах данных eLIBRARY, Scopus, Web of Science, PubMed, ResearchGate, по проблеме оценки влияния на здоровье атмосферных загрязнений и разработки системы управления рисками с учётом международного опыта и возможности её реализации в России.

Проанализированы также результаты исследований атмосферного воздуха, переданные в ФБУН «ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора в 2020–2021 гг. центрами гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора в Липецкой области, Кемеровской области – Кузбассе и Вологодской области в соответствии с поручением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека от 14.08.2019 г. № 02/11620–2019–27.

Для оценки эффективности мероприятий по снижению неблагоприятного влияния на здоровье населения атмосферных загрязнений анализировали итоги оценки риска для здоровья населения по данным сводных расчётов, полученных в ходе реализации федерального проекта (ФП) «Чистый воздух», за 2019–2021 гг.

Результаты

Системный анализ научных исследований в области влияния на население атмосферных загрязнений показал, что наиболее эффективным подходом к защите здоровья населения от неблагоприятных последствий является снижение концентраций приоритетных веществ в атмосферном воздухе. Соответственно для реализации действенной политики по профилактике неблагоприятного воздействия атмосферных загрязнений необходимы достоверные и достаточные доказательства потенциальной опасности для здоровья человека, а также понимание, какие условия должны быть соблюдены, чтобы опасность реализовалась в реальный ущерб здоровью.

В настоящее время имеется огромное количество результатов исследований по выявлению связи загрязнения атмосферного воздуха и здоровья человека [1, 3]. Существуют примеры глобальных общемировых исследований, направленных на установление опасности влияния химических веществ, среди которых приоритетными являются взвешенные вещества, в том числе мелкодисперсные частицы (PM_{10} и $PM_{2,5}$) [1]. Характер их неблагоприятного воздействия на здоровье при хроническом и кратковременном воздействии атмосферных загрязнений различается. Так, хроническое воздействие в первую очередь способствует повышению риска развития заболеваний и смерти от ишемической болезни сердца, рака лёгких, хронической обструктивной болезни лёгких, инфекций нижних дыхательных путей (например, пневмонии), инсульта. При этом кратковременное воздействие скорее не увеличивает риск развития неблагоприятных заболеваний для здоровых людей, но может провоцировать обострение хронических заболеваний (бронхиальная астма), вызвать локальный всплеск госпитализаций или смертей, связанных с болезнями органов дыхания (БОД) и сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ), у чувствительных групп населения [1, 3].

Недавними исследованиями подтверждена прямая связь между загрязнением воздуха PM_{10} и $PM_{2,5}$ и COVID-19. Существуют убедительные научные факты, свидетельствующие, что хроническое воздействие высоких уровней загрязнения воздуха может повысить восприимчивость к заболеванию или даже спровоцировать смерть от COVID-19 [1, 4–7].

В последние годы растёт значимость оценки влияния на здоровье населения ультрадисперсных взвешенных частиц с размером менее 0,1 мкм ($PM_{0,1}$) [1, 8, 9], механизм токсического действия которых связан с окислительным стрессом, а эффекты воздействия проявляются обострением таких заболеваний, как астма и хроническая обструктивная болезнь лёгких, лёгочный фиброз, а также нейродегенеративные заболевания, ССЗ [10]. Авторы ряда публикаций обращают внимание на то, что отсутствует прямая зависимость между уровнями загрязнения атмосферного воздуха PM_{10} , $PM_{2,5}$ и содержанием $PM_{0,1}$. Мероприятия, направленные на снижение концентраций PM_{10} ($PM_{2,5}$), не приводят к системному уменьшению уровней воздействия $PM_{0,1}$. Определение содержания $PM_{0,1}$ в воздухе связано с рядом затруднений, и наиболее значимым является отсутствие развитой сети их мониторинга [1]. В настоящее время совокупность токсикологической и эпидемиологической информации для установления порогового уровня безопасного воздействия для здоровья $PM_{0,1}$ и соответственно разработки гигиенического норматива недостаточна.

Снижение уровней атмосферных загрязнений для сохранения и улучшения здоровья населения требует использования всех механизмов регулирования и в первую очередь нормирования химических веществ.

Необходимость актуализации нормативно-правовой базы в области гигиены атмосферного воздуха связана с научным обоснованием принятия решений о пересмотре гигиенических нормативов по мере получения новых экспериментальных и эпидемиологических данных [11]. Этот основополагающий принцип гигиенического нормирования реализован в системном подходе, использованном Роспотребнадзором при актуализации гигиенических нормативов, включённых в СанПиН 1.2.3685–21* в рамках «регуляторной гильотины». В документ внесены изменения и дополнения, наиболее важным из которых является установление среднегодовых ПДК (ПДКс.г.). При этом ПДКс.г., будучи новыми критериями оценки безопасности качества атмосферного воздуха, при их практическом внедрении могут рассматриваться как целевые уровни с

* Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

пошаговым достижением по мере развития экологически направленных технологий производства, накопления опыта анализа и оценки ситуации на территориях при их использовании [12].

Помимо совершенствования нормирования хронического воздействия атмосферных загрязнений существует целый ряд нерешённых вопросов в нормировании и дальнейшей оценке кратковременных (острых) воздействий, связанных с ольфакторным влиянием атмосферных загрязнений, различным периодом осреднения мониторируемых и моделируемых концентраций и критериев риска острых воздействий, низкой чувствительностью используемых методик определения ряда химических веществ, мониторируемых в атмосферном воздухе и другое.

Наиболее распространены жалобы населения на качество атмосферного воздуха, а именно на наличие постороннего запаха. Анализ международной нормативной и методической базы в области регулирования запахов в атмосферном воздухе показал, что критериями воздействия запаха помимо нормативов концентраций отдельных загрязняющих веществ могут являться также частота появления запахов и их интенсивность в окружающей среде, удельный вес «сильно раздражённого» населения, количество жалоб и т. д. [13, 14].

Системный анализ публикаций, а также изучение характера жалоб и результатов натурных исследований качества атмосферного воздуха показывают, что даже при соблюдении индивидуальных ПДК м.р. отдельных веществ на территориях иногда может присутствовать специфический запах. Вероятно, это обусловлено рядом причин, основными из которых являются недоучёт всех выделяющихся веществ и их комбинированного действия в составе сложных многокомпонентных выбросов; сложности в идентификации состава выбросов, представляющих многокомпонентную смесь пахучих веществ; неблагоприятные метеорологические условия, способствующие плохому рассеиванию выбросов промышленных предприятий; особенности отбора проб атмосферного воздуха при контроле содержания пахучих веществ (для формирования негативной оценки ситуации достаточно ощущения запаха в течение нескольких секунд).

Проведение исследований по установлению влияния атмосферных загрязнений на здоровье (гигиеническая оценка, оценка риска и ущерба, эпидемиологические исследования) требует достоверной информации об уровнях воздействия на население, что соответственно невозможно без подробного анализа исходных данных о воздействующих максимально разовых, среднесуточных и среднегодовых концентрациях. Анализ баз данных, накапливаемых на постах Роспотребнадзора в городах-участниках в рамках ведения ФП «Чистый воздух», позволил установить, что в них содержатся результаты со значительным количеством нулевых значений, достигающих для определенных веществ при использовании отдельных малочувствительных методик 98–100%, что не позволяет адекватно оценить величины среднегодовых концентраций [14].

На примере трёх городов-участников (Липецк, Новокузнецк, Череповец) установлены различия количественной оценки экспозиции по данным мониторинга качества атмосферного воздуха при использовании химико-аналитических методов различного уровня чувствительности. Так, при одновременном использовании двух анализаторов PM_{10} в г. Череповец снижение нулевых значений в 2021 г. по сравнению 2020 г. с 75 до 40% достигнуто за счёт увеличения в 2,5 раза количества измерений на анализаторе пыли Dusttrak 8533, который в 10 раз более чувствителен относительно второго анализатора пыли АтМАС. Другим примером является снижение количества нулевых проб в г. Липецке при переходе с методики РД 52.04.186–89 определения взвешенных веществ с нижним пределом измерений 0,26 мг/м³ на более чувствительную – с использованием анализатора пыли Dusttrak 8533 (нижний предел составляет 0,01 мг/м³), что обусловило снижение количества нулевых

проб в 2021 г. по сравнению с 2020 г. с 98 до 25%. Таким образом, для целей гигиенической оценки, анализа риска для здоровья наиболее эффективным способом получения достоверных сведений об уровнях воздействующих концентраций с использованием данных мониторинга качества атмосферного воздуха является переход на более чувствительные методики определения веществ в атмосферном воздухе, что позволит уменьшить число проб, лежащих ниже предела количественного определения.

Обсуждение

В настоящее время в практику профилактической медицины внедряется новейший подход к принятию управленческих решений по минимизации риска для здоровья, при котором учитывается, что все решения должны быть обоснованы с использованием результатов наилучших достоверных исследований (НДИ), к которым могут быть отнесены выводы, полученные в эпидемиологических (по установлению причинно-следственных связей) и токсикологических исследованиях, результаты оценок риска для здоровья населения. При этом НДИ характеризуют реальные связи качества атмосферного воздуха и здоровья населения, которые могут быть получены в результате практических работ, проведённых на местном, региональном, федеральном или глобальном уровнях. Возможность переноса результатов исследований, выполненных на местном уровне, требуют обязательного доказательства их применимости и актуальности на региональном или федеральном и, тем более, глобальном уровнях.

Примером НДИ и разработанных на их основе всеобъемлющих рекомендаций по снижению уровня неблагоприятного воздействия на здоровье являются публикации ВОЗ [1, 3], посвящённые обзорам исходов воздействия таких атмосферных загрязнителей, как PM_{10} , $PM_{2.5}$, диоксид азота, озон, диоксид серы, оксид углерода. В этих публикациях обобщены результаты более чем 50 эпидемиологических исследований, установлены величины относительного риска воздействия химических веществ на здоровье и приведены рекомендации по использованию этих данных для оценки ущерба здоровью населения. Отличительной особенностью является глобальный характер рекомендаций, то есть их применение рекомендовано ВОЗ во всём мире. Используя такой опыт, следует планировать и проводить эпидемиологические исследования, позволяющие получать научное подтверждение установления причинно-следственных связей и влияния атмосферных загрязнителей на здоровье населения в конкретных регионах для дальнейшего использования в системе управления качеством атмосферного воздуха в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Применение результатов региональных исследований повышает надёжность и достоверность сравнительной оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха в разных городах.

Результаты, полученные при проведении НДИ, могут быть использованы для совершенствования подходов к обоснованию гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха. В особенности это касается результатов исследований по изучению связи между воздействием атмосферных загрязнителей и здоровьем у наиболее чувствительных групп населения, что позволяет внести коррективы в экспериментально обоснованные нормативы и оценить относительный вклад загрязнения атмосферного воздуха в нарушение состояния здоровья населения.

В последнее время чрезвычайно актуальной для санитарной службы является задача объективной оценки влияния на здоровье населения кратковременных (острых) воздействий повышенных концентраций химических соединений. Для решения этой задачи необходимы:

- обоснование и применение критериев оценки острого воздействия, в том числе с дифференцированным учётом экспонируемых лиц, ожидаемых вредных эффектов, характера отдалённых эффектов у разных групп населения;

- расчёт экспозиции населения с учётом временных различий при оценке качества атмосферного воздуха с использованием гигиенических нормативов и результатов оценки риска для здоровья;
- организация адекватного мониторинга качества атмосферного воздуха;
- решение методических проблем получения прогнозируемых уровней загрязнения атмосферного воздуха с использованием программ моделирования приземных концентраций.

Совершенствование методических подходов к оценке кратковременных (острых) воздействий атмосферных загрязнителей приобретает особую актуальность в связи с необходимостью её включения в реализуемые задачи ФП «Чистый воздух», оценки риска для здоровья в режиме реального времени и оперативного осуществления управленческих действий, направленных на минимизацию рисков, с использованием автоматизированной информационной системы АИС КАВ Риски.

Анализ существующих проблем в оценке риска возникновения запаха показал, что их решение требует не столько пересмотра существующих нормативов загрязняющих веществ, сколько системного решения задачи управления качеством атмосферного воздуха, которое может быть реализовано поэтапно за счёт [4, 5]:

- определения видов производственной деятельности и технологических процессов, при которых могут выделяться вещества, обладающие запахом;
- повышения качества инвентаризации выбросов промышленных объектов и актуализации методик её проведения с учётом международных подходов, а также необходимой для этого инструментальной базы;
- актуализации методик вычисления рассеивания отдельных веществ и запаха в целом и установления нормативов предельно допустимых выбросов промышленных объектов, в том числе с учётом особенностей формирования навязчивых запахов и моделирования зон максимального воздействия таких выбросов на основе анализа жалоб населения на запах, а также технической достижимости нормативов предельно допустимых выбросов;
- анализа внедрения НДТ на предприятиях, в выбросах которых присутствуют пахучие вещества, с оценкой его влияния на сокращение жалоб населения на качество атмосферного воздуха;
- разработки предложений по дополнительным возможным мероприятиям, направленным на снижение выбросов.

В сферах управления качеством атмосферного воздуха и рисками для здоровья, связанными с атмосферными загрязнениями, важно иметь чёткое представление, какая именно информация необходима и достаточна для выработки и принятия управленческих решений и контроля их эффективности. Разработка программ по минимизации негативного воздействия атмосферных загрязнителей на население требует достоверной информации о потенциальных источниках выбросов и уровнях неблагоприятного воздействия на население. Данные позиции должны быть отправной точкой при планировании систем мониторинга как на федеральном, региональном, так и на местном уровнях. Получение достоверных сведений об уровнях воздействия на население невозможно без совершенствования методов аналитического контроля атмосферных загрязнителей (внедрение более точных и высокочувствительных методик в практическую деятельность учреждений Роспотребнадзора).

Результаты собственных исследований и анализ отечественной и международной практики подтверждают: весьма эффективным и действенным подходом к защите здоровья населения от неблагоприятных последствий загрязнения атмосферного воздуха является рациональное планирование развития территорий населённых мест, при котором особое внимание следует уделять прогнозу воздействия атмосферных загрязнителей на здоровье с учётом различных проектных

решений, влияния всех видов источников загрязнения атмосферы, микроклиматических условий территории [16, 17].

Опыт участия в реализации ФП «Чистый воздух» [18] и данные других исследователей [19–22] позволяют авторам рекомендовать обязательное проведение оценки риска по данным сводных расчётов и использование их результатов при формировании генеральных планов территорий, разработка которых должна сопровождаться планированием улучшения экологических и санитарно-эпидемиологических условий проживания населения [23, 24].

Заключение

Проведённый анализ современных подходов к диагностике и оценке влияния на здоровье атмосферных загрязнений при разработке системы управления рисками для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения показал, что положительных результатов по управлению качеством атмосферного воздуха с целью снижения его негативного воздействия на здоровье можно добиться только реализацией системных действий, которые должны основываться на:

- расширении базы знаний и проведении углублённых научных исследований, направленных на доказательство и оценку фактических данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье человека, риске для здоровья, а также о выгодах при внедрении мероприятий в отдельных секторах экономики и оценке их социальной и экономической эффективности;

- совершенствовании принципов гигиенического нормирования атмосферных загрязнений и актуализации гигиенических нормативов с учётом последних научных данных (развитие принципов и методов регулирования воздействий загрязнений атмосферного воздуха на основе методологии оценки риска для здоровья; обоснование перечня приоритетных химических веществ для пересмотра гигиенических нормативов с включением в него приоритетных веществ и продуктов их трансформации в воздухе);
- разработке методических подходов к выбору приоритетных веществ (учёт характера и тяжести прямых токсических эффектов на здоровье; учёт вероятности развития рефлекторных реакций, прежде всего ольфакторного и раздражающего действия со стороны органов дыхания и глаз);
- совершенствовании системы мониторинга качества атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга (расширение контроля содержания взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе как наиболее опасных для здоровья человека на большем числе территорий Российской Федерации; внедрение программы отбора проб атмосферного воздуха с возможностью оценки среднесуточных и среднегодовых концентраций; совершенствование методов аналитического контроля атмосферных загрязнений и внедрение более точных и высокочувствительных методов в практическую деятельность учреждений Роспотребнадзора).

Литература

(п.п. 1, 4–9, 15 см. References)

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.; 2021.
3. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Пандемия COVID-19: новые знания о влиянии качества воздуха на распространение коронавирусной инфекции в городах. *Проблемы прогнозирования*. 2021; (4): 28–37. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-187-28-37>
10. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Скворцова Н.С., Скворцовская С.А. Гармонизация нормативно-правовой базы в области гигиены атмосферного воздуха. *Методы оценки соответствия*. 2013; (8): 18–21.
11. Жолдакова З.И., Синицына О.О., Печникова И.А., Савостикова О.Н. Актуальные направления гармонизации законодательных основ по обеспечению безопасности химических загрязнений для здоровья человека окружающей среды. *Анализ риска здоровью*. 2018; (2): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.01>
12. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Фридрих К.Б., Еремин Г.Б., Панькин А.В. Выявление источников выбросов загрязняющих веществ, вызывающих жалобы населения на неприятные запахи. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 601–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607>
13. Бударина О.В. *Научное обоснование современных гигиенических основ нормирования, контроля и оценки запаха в атмосферном воздухе населенных мест*: Автореф. Дисс. ... д-ра мед. наук. М.; 2020
14. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., ред. *Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду*. М.; 2002.
16. ВОЗ. *Городское планирование для повышения жизнестойкости городов и укрепления здоровья их жителей: основные идеи. Обобщающий доклад по вопросам защиты окружающей среды и здоровья человека посредством повышения жизнестойкости городов*. Копенгаген; 2022. Доступно: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/360449>
17. Бобкова Т.Е., Фокин С.Г. Использование методологии оценки риска здоровью населения для оценки функционального зонирования территории стационарного объекта. *Гигиена и санитария*. 2011; 90(3): 89–90.
18. Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Синицына О.О. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте «Чистый воздух» в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896>
19. Вяльцина Н.Е., Коновалов В.Ю., Макарова Т.М., Гусельникова Е.М., Плотникова Е.Г., Неплохов А.А. Мониторинг качества атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» в г. Медногорске Оренбургской области. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *«Анализ риска здоровью – 2020» совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах*. Пермь; 2020: 255–9.
20. Попова Е.В., Май И.В., Клейн С.В., Вековщина С.А. Оценка риска здоровью населения г. Читы (участника федерального проекта «Чистый воздух») при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух. В кн.: *Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2021: 338–44.
21. Вепринцев В.В., Кузьмин Д.В., Цепилова Т.М., Ярушин С.В. Сравнение уровней загрязнения воздуха по расчетным данным и данным натурных исследований в городе Нижний Тагил в рамках работ по Федеральному проекту «Чистый воздух». В кн.: Сычик С.И., ред. *Здоровье и окружающая среда: Сборник материалов международной научно-практической конференции*. Минск; 2021: 53–4.
22. Марцынковский О.А., Двинянина О.В., Васькина А.А., Романов А.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: новый уровень жизни. *Стандарты и качество*. 2022; (3): 93–5.
23. 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>
24. 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>

References

1. WHO. Global air quality guidelines. Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide; 2021.
2. State Report «On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2020». Moscow; 2021. (in Russian)
3. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. The COVID-19 pandemic: new knowledge on the impact of air quality on the spread of coronavirus infection in cities. *Problemy prognozirovaniya*. 2021; (4): 28–37. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-187-28-37> (in Russian)
4. Yao Y., Pan J., Liu Z., Meng X., Wang W., Kan H., et al. Ambient nitrogen dioxide pollution and spreadability of COVID-19 in Chinese cities. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2021; 208: 111421. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111421>

5. Travaglio M., Yu Y., Popovic R., Selley L., Leal N.S., Martins L.M. Links between air pollution and COVID-19 in England. *Environ. Pollut.* 2021; 268(Pt. A): 115859. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115859>
6. Zhou X., Josey K., Kamareddine L., Caine M.C., Liu T., Mickle L.J., et al. Excess of COVID-19 cases and deaths due to fine particulate matter exposure during the 2020 wildfires in the United States. *Sci. Adv.* 2021; 7(33): eabi8789. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8789>
7. Ostro B., Hu J., Goldberg D., Reynolds P., Hertz A., Bernstein L., et al. Associations of mortality with long-term exposures to fine and ultrafine particles, species and sources: results from the California Teachers Study cohort. *Environ. Health Perspect.* 2015; 123(6): 549–56. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408565>
8. Clifford S., Mazaheri M., Salimi F., Ezz W.N., Yeganeh B., Low-Choy S., et al. Effects of exposure to ambient ultrafine particles on respiratory health and systemic inflammation in children. *Environ. Int.* 2018; 114: 167–80. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.019>
9. Moreno-Ríos A.L., Tejada-Benítez L.P., Bustillo-Lecompte C.F. Sources, characteristics, toxicity, and control of ultrafine particles: An overview. *Geosci. Front.* 2022; 13(1): 101147. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101147>
10. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Skvortsova N.S., Skovronskaya S.A. Harmonization of the regulatory framework in the field of atmospheric air hygiene. *Metody otsenki sootvetstviya.* 2013; (8): 18–21. (in Russian)
11. Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Pechnikova I.A., Savostikova O.N. Contemporary trends in harmonization of legal grounds for providing safety of environmental chemical contamination for human health. *Analiz riska zdorov'yu.* 2018; (2): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.01.eng>
12. Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Fridman K.B., Eremin G.B., Pan'kin A.V. Identification of emission sources of pollutants causing complaints of unpleasant odours. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2019; 98(6): 601–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607> (in Russian)
13. Budarina O.V. *Scientific substantiation of modern hygienic bases of rationing, control and evaluation of odor in the atmospheric air of populated areas:* Diss. Moscow; 2020. (in Russian)
14. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., eds. *Fundamentals of health risk assessment in exposure to chemicals that pollute the environment [Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu].* Moscow; 2002. (in Russian)
15. WHO. Review of evidence on health aspects of air pollution: REVIHAAP project: technical report; 2021. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341712>
16. WHO. Urban planning for resilience and health: key messages – summary report on protecting environments and health by building urban resilience. Copenhagen; 2022. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/355760>
17. Bobkova T.E., Fokin S.G. Economic evaluation and rationale for human health risk management decisions. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2011; 90(3): 89–90. (in Russian)
18. Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Sinitsyna O.O. The practice of applying health risk assessment in the Federal Project «Clean Air» in the participating Cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): problems and prospects. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> (in Russian)
19. Vyal'tsina N.E., Konovalov V.Yu., Makarova T.M., Gusel'nikova E.M., Plotnikova E.G., Neplokhov A.A. Monitoring of atmospheric air quality within the framework of the implementation of the federal project «Clean Air» of the national project «Ecology» in Mednogorsk, Orenburg region. In: Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. *«Health Risk Analysis – 2020» in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health Rest 2020 and the Round Table on Food Safety. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. In 2 Volumes [«Analiz riska zdorov'yu – 2020» sovместno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya. Materialy Kh vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. V 2-kh tomakh].* Perm'; 2020: 255–9. (in Russian)
20. Popova E.V., May I.V., Kleyn S.V., Vekovshina S.A. Assessment of the health risk of the population of the city of Chita (participant of the federal project «Clean air») under the exposure of chemical substances polluting the atmospheric air. In: *Health Risk Analysis – 2021. Environmental, Social, Medical and Behavioral Aspects. Together with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2021. Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu – 2021. Vneshnesredovye, sotsial'nye, meditsinskie i povedencheskie aspekty. Sovместno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu RISE-2021. Materialy XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem].* Perm'; 2021: 338–44. (in Russian)
21. Veprintsev V.V., Kuz'min D.V., Tsepilova T.M., Yarushin S.V. Comparison of air pollution levels according to calculated data and field research data in Nizhny Tagil as part of the work on the Federal project «Clean air». In: Sychik S.I., ed. *Health and Environment: A Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference [Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii].* Minsk; 2021: 53–4. (in Russian)
22. Martsynkovskiy 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; (3): 93–5. (in Russian)
23. 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>
24. Rakitskiy V.N., Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin 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>