

© Зайцева Н.В., Жданова-Заплевичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф., 2021
УДК 614.7

Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов

Н.В. Зайцева¹, И.Г. Жданова-Заплевичко², М.А. Землянова¹,
А.Н. Пережогин³, Д.Ф. Савиных²

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

²Управление Роспотребнадзора по Иркутской области,
ул. Карла Маркса, д. 8, г. Иркутск, 664003, Российская Федерация

³ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора,
ул. Трилиссера, д. 78, г. Иркутск, 664047, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* В ряде промышленных центров России с высоким и экстремально высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в рамках федерального проекта «Чистый воздух» предусмотрена реализация комплексных планов мероприятий, направленных на снижение загрязнения атмосферного воздуха и повышение уровня удовлетворенности населения экологической обстановкой. Постановлением правительства Российской Федерации от 24 декабря 2019 года N 1792 утверждены требования к перечню компенсационных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха, предупреждение и устранение вредного воздействия на здоровье человека факторов среды обитания. Для повышения обоснованности и адекватности предпринимаемых мер необходимо совершенствование методических подходов по организации и проведению специалистами службы Роспотребнадзора исследований, направленных на выявление связи установленных нарушений здоровья населения, проживающего в зоне влияния конкретных промышленных предприятий, с воздействием загрязняющих атмосферный воздух веществ. *Цель работы* – обосновать алгоритм действий и показать эффективность его реализации в рамках направленных санитарно-эпидемиологических исследований по установлению и доказательству связи выявленных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов. *Материалы и методы* включают комплекс современных методов: гигиенических, эпидемиологических, оценки риска и его реализации в виде причиненного вреда, углубленных исследований, моделирования причинно-следственных связей. *Результаты:* предложены подходы и реализованы исследования, направленные на установление связи выявленных нарушений здоровья у экспонированного населения (причиненный вред) с воздействием аэротехногенных химических факторов, источником которых является деятельность хозяйствующих субъектов. *Выводы:* предложенный алгоритм действий (на примере г. Братска) является эффективным: выявлены риск-реализованные нарушения здоровья, уточнен по критериям причинения вреда перечень веществ, для которых необходима разработка или корректировка мер по снижению выбросов в атмосферу; уточнен и расширен перечень критических органов и систем для прогнозирования и мониторинга; обоснованы и внедрены управленческие решения и адекватный перечень адресных медико-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, санитарно-эпидемиологическое исследование, алгоритм действий, риск здоровью, медико-биологические исследования состояния здоровья населения, причиненный вред здоровью, социально-гигиенический мониторинг, компенсационные мероприятия.

Для цитирования: Зайцева Н.В., Жданова-Заплевичко И.Г., Землянова М.А., Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 4–15. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15>

Сведения об авторах:

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, д.м.н., профессор, научный руководитель Федерального научно-го центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения; e-mail: znv@fcrisk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

✉ **Жданова-Заплевичко** Инга Геннадьевна – к.м.н., начальник отдела организации деятельности Управления Роспотребнадзора по Иркутской области; e-mail: zhd_i@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0916-0302>.

Землянова Марина Александровна – д.м.н., главный научный сотрудник с исполнением обязанностей заведующего отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения; e-mail: zem@fcrisk.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>.

Пережогин Алексей Николаевич – заведующий отделом санитарной охраны и мониторинга ЧС ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора; e-mail: Alexperezhogin1964@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-5678-468X>.

Савиных Дмитрий Федорович – руководитель Управления Роспотребнадзора по Иркутской области, главный государственный санитарный врач по Иркутской области, e-mail: savinykh_df@38.rospotrebnadzor.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7242-940X>.

Experience in Organizing and Conducting Epidemiological Studies to Detect and Prove the Causal Relationship between Ambient Air Quality and Health Disorders in the Population of Industrially Contaminated Sites

N.V. Zaitseva,¹ I.G. Zhdanova-Zaplevichko,² M.A. Zemlyanova,¹ A.N. Perezhogin,³ D.F. Savinykh²

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

²Office of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотrebnadzor)
in the Irkutsk Region, 8 Karl Marx Street, Irkutsk, 664003, Russian Federation

³Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and Far East, 78 Trilisser Street, Irkutsk, 664047, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Within the framework of the Federal Clean Air Project, it is envisaged to implement comprehensive action plans aimed at reducing air pollution and increasing the level of public satisfaction with the environmental situation in a number of industrial centers of the Russian Federation with high and extremely high levels of ambient air pollution. Decree No. 1792 of the Russian Government of December 24, 2019 approved the requirements for compensatory measures aimed at improving ambient air quality, preventing and eliminating adverse health effects of environmental factors. To increase the

validity and adequacy of the measures taken, it is necessary to elaborate method approaches for Rospotrebnadzor bodies to designing and conducting studies on establishing the association between air pollution and adverse health outcomes in the population living in industrially contaminated areas. The *purpose* of our work was to substantiate an algorithm of actions and to demonstrate its efficiency within epidemiological studies focused on establishing and proving the causal relationship between airborne chemicals and observed health consequences in the population. *Materials and methods* included a set of modern hygienic and epidemiological research methods, assessment of risk and its health damage, in-depth research, and modeling of cause and effect relationships. *Results*: We proposed approaches and conducted studies to establish the link between industrial air pollution and the diseases diagnosed in the exposed population. *Conclusions*: The suggested algorithm of actions tested in the city of Bratsk proved to be effective and helped identify risk-attributed health disorders; specify the pollutants requiring development or adjustment of measures to reduce their ambient emissions; clarify and expand the list of target organs and systems for prediction and monitoring; substantiate and fulfil managerial decisions and adequate targeted preventive measures based on health damage criteria.

Keywords: ambient air pollution, epidemiological research, algorithm of actions, health risk, medico-biological studies of population health, health damage, social and hygienic monitoring, compensatory measures.

For citation: Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (1(334)):4-15. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15>

Author information:

Nina V. Zaitseva, D.M.Sc., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: znv@fcrisk.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>.

✉ Inga G. Zhdanova-Zaplesvichko, Candidate of Medical Sciences, Head of the Organizational Department, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Irkutsk Region; e-mail: zhd_i@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0916-0302>.

Marina A. Zemlyanova, D.M.Sc., Chief Researcher in charge of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostics, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: zem@fcrisk.ru; <http://orcid.org/0000-0002-8013-9613>.

Alexey N. Perezhogin, Head of the Department of Sanitary Protection and Emergency Monitoring, Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and Far East; e-mail: Alexperezhogin1964@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-5678-468X>.

Dmitry F. Savinykh, Head of the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Irkutsk Region, Chief State Sanitary Doctor in the Irkutsk Region; e-mail: savinykh_df@38.rospotrebnadzor.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7242-940X>.

Введение. Здоровье населения является одним из важнейших государственных приоритетов. В Российской Федерации принят ряд правовых актов^{1,2,3}, в которых определены национальные приоритеты, стратегические цели, основные задачи государства в области охраны здоровья, окружающей среды, экологической безопасности и механизмы их реализации. Повышение качества жизни российских граждан, здравоохранение, экология живых систем и рациональное природопользование признаны стратегическими национальными приоритетами, обеспечивающими национальные интересы, в том числе повышение качества жизни, укрепление здоровья населения, обеспечение стабильного демографического развития страны.

В этом аспекте обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения является одной из приоритетных целей государственной политики, одним из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду [1, 2]. По данным Федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ) в Российской Федерации в результате повышения эффективности государственного регулирования качества среды обитания и социальной ответственности бизнеса показатели

качества атмосферного воздуха за последние 24 года существенно улучшились. За этот период более чем в 15 раз снизилась доля проб атмосферного воздуха населенных мест с превышением предельно допустимых концентраций, в том числе в 14,9 раза – на городских территориях⁴.

Вместе с тем, на протяжении многих десятилетий в России в регионах интенсивной хозяйственной деятельности формировались зоны экологического неблагополучия и накопленного экологического ущерба [3, 4]. Наиболее неблагоприятная ситуация на протяжении многолетнего периода отмечается в городах и населенных пунктах Российской Федерации с высоким и экстремально высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. По данным ФГБУ «ГГО», имеющим 677 станций в 250 городах государственной наблюдательной сети, в 2019 году к числу приоритетных были отнесены 18 городов и населенных мест (Абакан, Братск, Зима, Иркутск, Кызыл, Лесосибирск, Минусинск, Новокузнецк, Норильск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Черногорск, Шелехов, Улан-Удэ, Селенгинск, Чита, Южно-Сахалинск) с общим числом жителей в них 3,3 млн человек⁵. В соответствии с поставленными Президентом Российской Федерации Национальными целями в список участников федерального проекта «Чистый

¹ Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Доступно по: <https://base.garant.ru/71937200/>. Ссылка активна на 23 сентября 2020.

² Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Доступно по: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74304210/>. Ссылка активна на 23 сентября 2020.

³ «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. Президентом РФ 30.04.2012). Доступно по: <https://base.garant.ru/70169264/>. Ссылка активна на 23 сентября 2020.

⁴ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2020. 299 с. Доступно по: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933. Ссылка активна на 25.09.2020.

⁵ Список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Официальный сайт Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Доступно по: <http://voeikovmgo.ru/?id=681&lang=ru>. Ссылка активна на 20 сентября 2020.

воздух» Национального проекта «Экология»⁶, включено 12 городов, а именно Норильск, Красноярск, Челябинск, Магнитогорск, Омск, Братск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Череповец, Липецк, Чита и Медногорск. Суммарно в этих муниципалитетах проживает более 6,3 млн человек, что составило по данным Росстата в 2019 году 5,8 % от численности городского населения страны.

По данным ФИФ СГМ в 2019 г. общее количество исследованных проб в 12 городах-участниках проекта составило 36 076, из них с превышением ПДК – 879 (2,44 %). Установлены превышения гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ более 20 наименований в атмосферном воздухе: фенол, фтористые газообразные соединения, взвешенные вещества и фракции РМ10 и РМ2.5, формальдегид, бензол, этилбензол, ксилол, бенз(а)пирен, диАлюминий триоксид, свинец, диЖелезо триоксид, меди (II) оксид, аммиак, сероводород, азота (II) оксид, азота диоксид, углерода оксид, серы диоксид, стирол, формальдегид, углерод (сажа), нафталин⁴. Указанные вещества относятся преимущественно к веществам чрезвычайно и высоко опасным для здоровья человека (1–2 класс опасности), обладающим помимо общетоксического специфическими (сенсibiliзирующий, иммунотропный, кардиотоксический, гепатотоксический и др.) и отдаленными (канцерогенный, мутагенный, репротоксический) эффектами действия.

Предварительно рассчитанные риски для здоровья свидетельствуют о неприемлемых уровнях суммарного неканцерогенного риска во всех 12 городах с преимущественной направленностью действия на органы дыхания, систему крови, процессы развития, иммунную систему, сердечно-сосудистую систему, ЦНС и репродуктивную систему и в 3 городах (Новокузнецк, Нижний Тагил, Норильск) суммарного канцерогенного риска. Преимущественными факторами риска (вклад до 61,1–100,0 %) являются углерод (сажа), бенз(а)пирен, бензол, диоксид серы и акрилонитрил, формальдегид, взвешенные вещества, в том числе частицы РМ10, никеля оксид и др.⁷

Постоянное многокомпонентное загрязнение атмосферного воздуха селитебных территорий относится к приоритетным факторам, вносящим основную вклад в дополнительную, ассоциированную с факторами окружающей среды, заболеваемость и смертность населения [5, 6]. Анализ заболеваемости в субъектах РФ, в том числе в городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух», по данным государственной статистической отчетности свидетельствует, что основными причинами высокого уровня заболеваемости всего населения (до более 183 000 случаев в субъектах РФ при среднероссийском показателе 163,4 тыс. сл./100 000 человек) яв-

ляются: болезни органов дыхания, системы кровообращения, костно-мышечной системы, мочеполовой системы, органов пищеварения. Основными причинами смертности (до более 15,0 случаев в различных субъектах РФ при среднероссийском показателе 12,5 сл./1000 населения) остаются в последнее десятилетие: болезни системы кровообращения, новообразования, болезни органов пищеварения, органов дыхания⁴.

В городах-участниках проекта предусмотрена реализация комплексных планов мероприятий, направленных на кардинальное снижение загрязнения атмосферного воздуха и повышение уровня удовлетворенности населения экологической обстановкой, связанной как с текущей экономической деятельностью крупных хозяйствующих субъектов, так и с нерешенными проблемами накопленного промышленного ущерба. Запланированное снижение совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в промышленных центрах должно составить к 2024 году 22 %¹, а к 2030 году – в два раза по особо токсичным веществам². Для достижения обозначенных индикаторных показателей в рамках эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха Правительством Российской Федерации впервые утверждены требования⁷ к перечню компенсационных мероприятий, важной составляющей которых является в том числе предупреждение и устранение вредного воздействия негативных аэротехногенных факторов на здоровье посредством проведения комплекса адресных медико-профилактических мероприятий [7].

За последнее десятилетие органами и организациями Роспотребнадзора в рамках своих полномочий проделана достаточно большая научно-методическая работа по развитию и совершенствованию подходов к организации и проведению санитарно-эпидемиологических исследований по установлению причин и предотвращению вредного воздействия факторов среды обитания на здоровье человека, в том числе связанных с воздействием загрязнений атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов, что предусмотрено Федеральным законом от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»⁸.

Для повышения объективизации оценок используют результаты гигиенических (натурных или расчетных) исследований качества атмосферного воздуха и контролируемых медико-биологических исследований состояния здоровья населения в селитебной зоне под экспозицией и вне ее [8]. Внедрение методов и технологий оценки и управления рисками здоровью населения в условиях новых опасностей химической природы [9, 10], применение в

⁶ Паспорт национального проекта «Экология» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16). Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/. Ссылка активна на 29 сентября 2020.

⁷ Постановление Правительства Российской Федерации от 24.12.2019 № 1792 «Об утверждении требований к перечню компенсационных мероприятий, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха на каждой территории эксперимента по квотированию выбросов на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха». Доступно по: <https://base.garant.ru/73361425/>. Ссылка активна на 23 ноября 2020.

⁸ Федеральный закон Российской Федерации от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Доступно по: <https://base.garant.ru/12115118/>. Ссылка активна на 23 ноября 2020.

качестве критериев безопасности референтных уровней для различных периодов экспозиций обусловило понимание необходимости обязательного учета не только потенциальных угроз (рисков) для здоровья человека, но и их фактической реализации в виде причиненного вреда [11]. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека утверждены методические указания, регламентирующие порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания⁹. Принципы построения исследований учитывают ключевые положения оценки хронической экспозиции, зависимости «доза-эффект» для воздействующих веществ, понятия приемлемости риска воздействия для конкретных органов и систем¹⁰, особенности этиопатогенетических механизмов развития ответных реакций организма человека в условиях комбинированных аэрогенных нагрузок приоритетных веществ [12, 13]. Предварительное категорирование видов деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (ЮЛ/ИП), в зонах влияния выбросов которых располагаются селитебные территории, позволяет повысить адресность и направленность последующих регулирующих мер¹¹. В научной литературе представлены результаты внедрения в практику методических подходов к установлению и доказательству вреда здоровью вследствие негативного воздействия факторов среды обитания [14]. Показано, что результаты оценки причиненного вреда на индивидуальном уровне являются основой для определения фактической численности лиц (групповой или популяционный уровень) с установленным впервые за анализируемый период диагнозом хронического заболевания или нарушением здоровья, доказанно детерминированным аэрогенной экспозицией [15].

Несмотря на существенное развитие научно-методической базы в практической деятельности специалистов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека не в полной мере обоснован порядок (алгоритм) действий по организации и проведению исследований, позволяющих в том числе установить (доказать) факт заболевания (причиненного вреда), детерминированного аэрогенным воздействием компонентов выбросов хозяйствующих субъектов, у лиц, проживающих в зоне прогнозируемого недопустимого риска здоровью. Обозначенная проблема в современных условиях актуализации задач сбережения демографического потенциала страны требует повышения точности оценок вреда здоровью населения, причиненного вследствие

нарушения обязательных требований санитарного законодательства, исключения переоценки или недооценки расчетных значений рисков.

На основании вышеизложенного, представляется целесообразным уточнение для специалистов службы Роспотребнадзора подходов к организации и проведению санитарно-эпидемиологических исследований по установлению и доказательству связи выявленных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов, что явилось основанием для определения цели настоящего исследования.

Цель исследования. Обосновать алгоритм действий и показать эффективность его реализации в рамках направленных санитарно-эпидемиологических исследований по установлению и доказательству связи выявленных и риск-реализованных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов.

Материалы и методы исследований. В статье обобщены материалы научных исследований, выполненных в соответствии с поставленной целью на основе использования методологии анализа рисков здоровью, методов пространственного моделирования, математической статистики, вероятностного анализа, скринингового исследования, биомаркерного анализа и др. Адаптивный алгоритм действий специалистов службы Роспотребнадзора разработан на базе накопленных результатов многолетних исследований причинно-следственных связей нарушений здоровья населения с негативным воздействием факторов среды обитания, а также разработки рекомендаций для принятия управленческих решений.

Основанием для организации и проведения направленных санитарно-эпидемиологических исследований являлись поручения или запросы заинтересованных органов исполнительной власти федерального уровня (правительства, министерств, агентств, служб и др.) и субъектов РФ (правительства, администрации и их обособленных контролирующих и надзорных структур), руководителей хозяйствующих субъектов (юридических лиц, индивидуальных предпринимателей) в случае возникновения или наличия следующих событий (условий):

– длительно сохраняющаяся неблагоприятная санитарно-гигиеническая ситуация с высоким уровнем многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха селитебной территории, подтвержденным данными лабораторных исследований, и/или мониторинговых наблюдений и/или комплексными расчетами рассеивания;

– присутствие или бывшая экономическая деятельность источников формирования повышенной нагрузки загрязняющих веществ

⁹ МУ 2.1.10.3165–14 «Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания», утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23.05.2014 (далее – МУ 2.1.10.3165–14).

¹⁰ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004 (далее – Р 2.1.10.1920–04 от 05.03.2004).

¹¹ МР 5.1.0116–17 «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 11.08.2017.

на атмосферный воздух — хозяйствующих субъектов, отнесенных к объектам I, II, III и IV категорий, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду¹²;

— наличие фактов нарушений обязательных требований санитарного законодательства хозяйствующими субъектами (ЮЛ/ИП), выявленные в ходе надзорной деятельности или социально-гигиенического мониторинга;

— обоснованные жалобы населения на ненадлежащее качество атмосферного воздуха и связанные с ним нарушения здоровья;

— неблагоприятные тенденции в изменении структуры и динамики смертности и заболеваемости населения селитебной территории и др.

На основании запроса или поручения специалисты территориальных Управлений Роспотребнадзора совместно с подведомственными научно-исследовательскими учреждениями осуществляли организацию и проведение санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйственной деятельности субъектов.

Проведение такого рода работ и поддержка принятия управленческих решений проводилась с учетом положений ряда нормативных правовых актов и методических документов¹³.

В качестве исходной информации, необходимой для анализа сложившейся санитарно-эпидемиологической ситуации и отнесения деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляемой на производственных объектах¹⁴, подлежащих надзору, к определенной категории риска, являлись: перечень хозяйствующих субъектов, включенных в региональный Реестр ЮЛ/ИП¹⁵ и их виды деятельности по форме отраслевого статистического наблюдения 1-17 «Сведения о результатах осуществления федерального государственного надзора»; сведения о хозяйствующих субъектах, для которых выполнено квотирование выбросов и перечни компенсационных мероприятий; сведения о выбросах загрязняющих веществ по форме федерального статистического наблюдения № 2-ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха» за последние 3–5 лет и по актуальным данным инвентаризации основных источников выбросов каждого объекта, имеющего разрешение на выбросы.

Расчеты приземных концентраций химических веществ в атмосферном воздухе осу-

ществляли с использованием программного продукта, реализующего методику МРР-2017¹⁶. Пространственно-временной анализ распространения вредных веществ в приземном слое атмосферы выполняли в среде ГИС ARCGIS. Гигиеническую оценку качества атмосферного воздуха выполняли по данным постов наблюдений за последние 3–5 лет, полученных в ходе реализации социально-гигиенического мониторинга. Результаты оценивали в соответствии с ГН 2.1.6.3492–17.

Расчет индивидуальных и популяционных рисков здоровью выполняли в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04 на основе сформированной базы данных о среднесуточных концентрациях приоритетных веществ в атмосфере и с учетом численности исследуемой популяции. Оценку допустимости рисков осуществляли по критериям референтных концентраций, соответствующих анализируемому периоду осреднения. Пространственное распределение рисков на территории селитебной застройки оценивали на основании картографической привязки в городской системе координат.

Состояние здоровья населения из зон аэрогенной экспозиции оценивали на основании анализа: обоснованных жалоб населения на неблагоприятные условия проживания и связанные с этим нарушения здоровья за последние 5 лет (данные Реестра обращений граждан в органы государственной власти и местного самоуправления территории); показателей смертности (по форме государственной статистической отчетности С51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти»), заболеваемости (общей и первичной) в разрезе детского население (0–14 лет, 15–17 лет) и взрослого население (по форме 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации») не менее, чем за последние 5 лет; деперсонифицированных данных о фактической обращаемости населения за медицинской помощью за последний год с адресной привязкой. Оценку связи заболеваемости (по данным обращаемости за медицинской помощью) с воздействием загрязнений атмосферного воздуха выполняли по эпидемиологическим критериям (OR, RR, CI, PP) [16]. Количество дополнительных случаев заболеваний, ассоциированных с аэрогенным воздействием факторов риска, определяли на

¹² Постановление Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».

¹³ ФЗ РФ от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», ФЗ РФ от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Постановление Правительства РФ 30.06.2004 № 322 «Положение о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Руководство Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, СанПиН 2.1.6.1032–01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», ГН 2.1.6.3492–17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений», МР 5.1.0116–17 «Риск-ориентированная модель контрольно-надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Классификация хозяйствующих субъектов, видов деятельности и объектов надзора по потенциальному риску причинения вреда здоровью человека для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий», МУ 2.1.10.3165–14 «Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания» и др.

¹⁴ ОК 029-2001 (КДЕС Ред. 1) Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД) (с изменениями № 2/2011, 3/2011, 4/2014), ОКВЭД-2 (версия ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2)), утвержден новым приказом Росстандарта от 31.01.2014 N 14-ст, вступил в силу с 11 июля 2016 года.

¹⁵ Постановление Правительства РФ от 19.12.2007 № 896 «Об утверждении Правил формирования и ведения реестра хозяйствующих субъектов, имеющих долю на рынке определенного товара в размере более чем 35 процентов»

¹⁶ Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (далее — МРР-2017).

основании моделирования причинно-следственных связей среднегодовой персональной экспозиции и заболеваемости населения в разрезе классов болезней.

Выявление и оценку риск-реализованных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов осуществляли на базе результатов углубленных исследований контингентов репрезентативных групп риска (химико-аналитических по определению в крови, моче содержания токсичных веществ, адекватных перечню факторов потенциального риска здоровью¹⁷; клиничко-функциональных, биохимических, общеклинических, иммунологических исследований показателей, этиопатогенетически связанных с воздействием факторов риска; генетических исследований, анкетирования, элементов эпидемиологического анализа), выполненных в соответствии с МУ 2.1.10.3165–14. Обследование выполнено с обязательным соблюдением этических принципов Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964, 2008); согласовано с этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (Протокол № 1 от 22.03.2017). От каждого представителя обследованного ребенка получено информированное согласие на проведение исследований. На основе сопряженной статистической обработки результатов медико-биологических исследований осуществляли построение причинно-следственных связей фактически выявленных нарушений здоровья с аэрогенным воздействием химических веществ. Полученные достоверные модели описывали последовательную цепочку связей «аэрогенная экспозиция химических факторов – биомаркеры экспозиции (содержание химических веществ в биосредах, адекватных факторам риска) – биомаркеры негативных эффектов (лабораторные и функциональные показатели, патогенетически связанные с воздействием повышенного содержания веществ в биосредах) – ответ в соответствии с критическими органами и системами (диагноз по МКБ-10 фактически состоявшегося заболевания)». Проверку статистических гипотез относительно параметров регрессионных моделей проводили с использованием дисперсионного анализа по критерию Фишера, коэффициенту детерминации (R^2) и t-критерию Стьюдента. Оценку адекватности и достоверности выполняли для уровня значимости 0,05.

Факт и степень тяжести причиненного вреда в виде дополнительных случаев хронических заболеваний, детерминированных воздействием аэрогенного химического фактора, доказывали на основании разработанного комплекса обязательных гигиенических и медико-биологических квалифицирующих показателей и критериев, учитывающих, в том числе обоснованные маркеры экспозиции и эффекта (ответа).

Список приоритетных веществ и нарушений состояния здоровья (ответов) для разработки рекомендаций и последующего принятия управленческих решений уточняли на основе сопоставительного анализа данных по оценке риска и эпидемиологических исследований

с результатами установленного причинения вреда здоровью.

Эффективность реализации алгоритма действий представлена на примере одного из приоритетных городов-участников федерального проекта «Чистый воздух» – города Братска с численностью населения 226 тыс. человек и общей площадью 428 км², специализирующейся на металлургической, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической отраслях промышленности. Основанием для проведения работы являлся запрос Управления Роспотребнадзора по Иркутской области о необходимости выполнения исследований по установлению связи нарушений здоровья населения с аэрогенным воздействием химических факторов в зоне влияния предприятий по производству алюминия и целлюлозно-бумажной промышленности.

Анализ данных о фактических выбросах (формы статистической отчетности 2П «воздух») выполнен за 2014–2018 гг., инвентаризации источников выбросов промышленных предприятий города – по данным 2016 г. Гигиеническая оценка среднегодовых, максимальных из разовых и разовых концентраций 95 % обеспеченности каждой примеси выполнена на каждом посту мониторинга сети СГМ за период 2014–2017 гг. Анализ 150 жалоб населения на неудовлетворительные условия проживания выполнен за 2010–2016 гг. анализ сведений государственной статистичности по смертности (форма С51), заболеваемости (форма 12) выполнен за 2008–2018 гг., обращаемости населения за медицинской помощью – за 2016–2018 гг. Расчет и оценка популяционных и индивидуальных рисков здоровью выполнены для населения, проживающего в зоне аэрогенной экспозиции. Вклад изучаемых производств в величину риска выполняли по результатам расчетов рассеивания 26 химических веществ от 708 источников. Углубленное обследование репрезентативных групп (189 детей 3–7 лет и 90 взрослых 22–50 лет) сформированных из контингентов риска включали анкетирование, химико-аналитические, общеклинические, биохимические, иммунологические, иммуногенетические, клиничко-функциональные, эпидемиологические исследования. Все этапы реализации алгоритма действий выполнены на основе сравнительных оценок с аналогичными результатами исследований на территории с практически отсутствием воздействия изучаемых химических факторов (р.п. Листвянка Иркутской области – территория сравнения).

Результаты фактических исследований и замеров, а также статистической обработки, моделирования причинно-следственных связей и экспертной оценки являлись основой для установления факта заболевания у индивидуумов, детерминированного аэрогенным воздействием химических веществ, т. е. причинения вреда здоровью. Приоритизированные по критериям причинения вреда химические загрязнения атмосферного воздуха и негативные ответы явились основой для разработки рекомендаций по уточнению перечня приоритетных веществ, требующих включения или корректировки в

¹⁷ При наличии аттестованного метода количественного определения химического вещества в биосредах.

Комплексных планах по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух муниципальных образований, а также обоснованию системы компенсационных мер и принятия управленческих решений, направленных на снижение и устранение негативных последствий, связанных с воздействием аэротехногенных химических факторов.

Результаты и обсуждение. В результате исследований, выполненных с применением указанных методов и подходов, а также системных аналитических оценок, обоснован адаптивный алгоритм действий, представленный на рисунке.

Анализ санитарно-эпидемиологической ситуации на территории конкретного муниципального образования и результатов выполненного категорирования видов деятельности хозяйствующих субъектов, находящихся в зоне размещения селитебной застройки, позволяет дать характеристику напряженности существующих условий. Характеристика включает следующие показатели (блок А): перечень и особенности производственной деятельности субъектов хозяйствования; величина и категория потенциального риска причинения вреда здоровью населения; перечень веществ, нормируемых в выбросах в атмосферный воздух с отметкой наличия согласованных нормативов допустимых выбросов (ПДВ); утвержденный перечень хозяйствующих субъектов, для которых устанавливаются директивные квоты выбросов и перечень компенсационных мероприятий.

При наличии одного и более хозяйствующих субъектов I, II категории потенциального риска причинения вреда здоровью выполняют сводные расчеты и пространственную визуализацию рассеивания загрязнений, поступающих в составе выбросов от хозяйствующих субъектов в атмосферный воздух на территории города.

Полученные результаты с учетом данных СГМ позволяют выполнить зонирование селитебной территории и выделить зоны наибольшей комплексной нагрузки химических факторов (блок В). Результаты гигиенической оценки и пространственного распределения полей концентраций являются основанием для формирования перечня приоритетных веществ по критериям нарушений качества атмосферного воздуха. Перечень итерационно уточняется на последующих этапах.

На этапе прогнозирования рисков осуществляют количественную оценку величин индивидуальных и популяционных рисков здоровью населения в зонах загрязнения атмосферного воздуха селитебной застройки. На основе критериальной оценки допустимости рисков при ингаляционном поступлении выделяют ведущие вещества, формирующие риски, и соответствующие им критические органы и системы. Пространственное распределение рисков в селитебной застройке является основанием для выделения зон наибольшего риска, определения численности и половозрастной структуры населения под воздействием.

Оценка вклада загрязняющих веществ, поступающих от хозяйствующих субъектов, в прогнозируемый риск здоровью (в НИ) позволяет выполнить ранжирование предприятий по степени опасности. На основании построения и анализа причинно-следственных связей ко-

личественно оценивают потенциальные риски причинения вреда здоровью экспонированного населения по числу случаев заболеваний, ассоциированных с аэрогенным воздействием загрязняющих веществ (блок С).

Анализ состояния здоровья населения из зон аэрогенной экспозиции выполняют с учетом установленных приоритетных химических факторов риска и соответствующих им критических органов-мишеней. Анализ показателей смертности, общей и первичной заболеваемости, обращаемости за медицинской помощью на популяционном уровне позволяет дать характеристику структурно-динамических особенностей с выделением приоритетных причин смерти и классов болезней и/или нозологий в поло-возрастном разрезе. Оценка связи заболеваемости экспонированного населения с факторами атмосферного воздуха по эпидемиологическим критериям и результаты моделирования причинно-следственных связей позволяют установить количество дополнительных случаев заболеваний, связанных с уровнем среднегодовой персональной экспозиции. Прогнозируемые виды заболеваний (по приоритетным классам болезней и/или нозологий) и химические факторы их обуславливающие (блок D), являются отправной базой для планирования, организации и проведения направленных углубленных исследований по установлению связи выявленных нарушений здоровья с воздействием загрязнений атмосферного воздуха.

Оценку причинения вреда здоровью как критерия реализации риска, детерминированного воздействием аэротехногенных химических факторов, выполняют на основании сформированной базы причинно-следственных связей фактически выявленных нарушений здоровья с воздействием атмосферных загрязнителей, учитывающих, в том числе обоснованные маркеры экспозиции и негативного ответа. Информационным ресурсом для построения доказательной базы являются результаты углубленных исследований населения групп риска, их статистической обработки, и математического моделирования зависимостей. По комплексу обязательных гигиенических и медико-биологических квалифицирующих показателей и критериев устанавливают факт и степень тяжести причиненного вреда в виде дополнительных случаев хронических заболеваний, детерминированных воздействием аэрогенного химического фактора. Результатирующим итогом является составленный деперсонифицированный перечень лиц, в отношении которых причинен вред здоровью (блок E). Важным элементом анализа является картографическая привязка мест проживания лиц с выявленными фактами причинения вреда к топооснове территории. Перечень веществ, доказанно участвующих в причинении вреда, позволяет идентифицировать источник (деятельность хозяйствующего субъекта) его формирования. Результаты приоритизации загрязняющих веществ и негативных ответов по критериям причиненного вреда, представленные в формате экспертного заключения для органов и организаций Роспотребнадзора, являются информационной основой разработки рекомендаций для принятия на текущий и

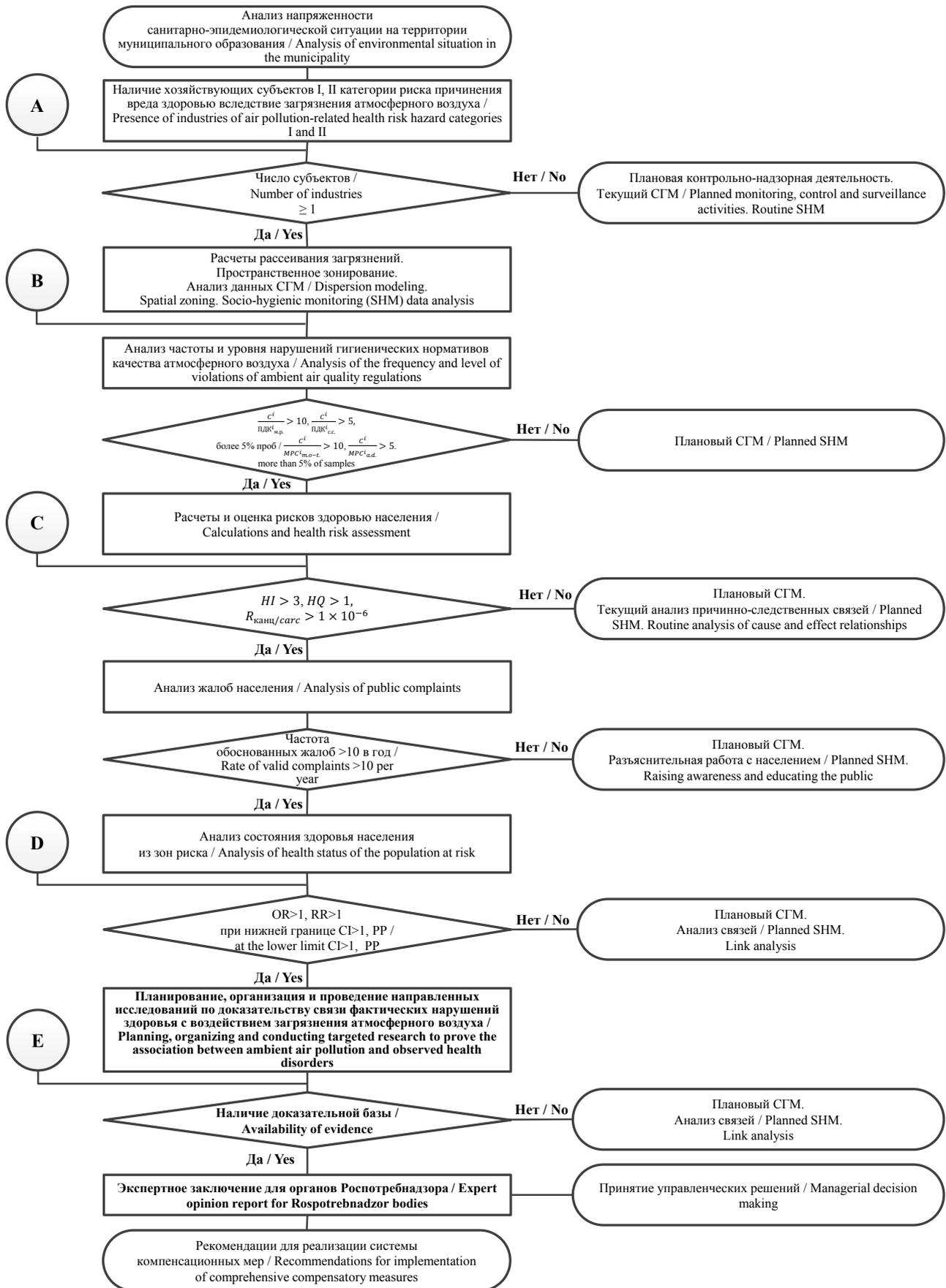


Рисунок. Адаптивный алгоритм действий по установлению и доказательству связи выявленных и риск-реализованных нарушений здоровья с аэротехногенным воздействием химических факторов
Figure. An adaptive algorithm of actions to establish and prove the causal relationship between exposure to airborne chemicals and observed pollution-related diseases

перспективный периоды управленческих решений по реализации системы компенсационных мер (санитарно-гигиенических, воздухоохраных, медико-профилактических и др.), направленных не только на минимизацию риска, но и вреда здоровью населения, связанных с негативным аэротехногенным воздействием.

Реализация представленного алгоритма действий выполнена в муниципальных образованиях Красноярского края, Пермского края, республики Бурятия, Иркутской, Ленинградской областей и др. В настоящем сообщении в качестве примера представлены результаты проведения исследований и внедрения алгоритма в г. Братске. Анализ показал, что существующая санитарно-эпидемиологическая ситуация на территории этого муниципального образования оценивается как напряженная. Ведущим источником загрязнения объектов среды обитания является хозяйствующий субъект по производству алюминия. Вклад его валовых выбросов в общее количество выбросов в атмосферу от стационарных источников города стабильно составляет 72–75 %. На долю хозяйствующего субъекта с объектами целлюлозно-бумажного производства приходится 4,6 %.

Анализируемые субъекты хозяйствования являются источниками выбросов от 38 до 45 наименований токсических веществ, в том числе канцерогенного действия. Включают диАлюминий триоксид, фтористый водород и водород цианистый (вклад в валовые выбросы в атмосферу от всех стационарных источников города составляет 100 %); водород хлористый, бенз(а)пирен (98,4 %–99,9 %); кальция оксид, сероводород, метилмеркаптан, хлор, метанол, скипидар, мазутную золу (100 %), серную кислоту (91,4 %), фенол (49,8 %) и др. Данным предприятиям – единственным в городе, временно согласованы выбросы отдельных веществ (фтористых газообразных соединений, бенз(а)пирена, метилмеркаптана, сероводорода) при условии разработки и реализации плана мероприятий по снижению загрязнения в атмосферу для дальнейшего достижения нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ)¹⁸. Производственная деятельность анализируемых субъектов сопровождается значительным загрязнением атмосферного воздуха селитебной застройки города и по потенциальному риску причинения вреда здоровью они отнесены к I категории.

Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха свидетельствует о несоответствии требованиям СанПиН 2.1.6.1032–01. При нарушении обязательных требований санитарного законодательства формируются превышения гигиенических нормативов в атмосферном воздухе от 1,3 до 12,5 ПДКс.с. азота диоксида, фтористого водорода, фенола, взвешенных веществ, бенз(а)пирена); от 1,8 до 9,6 ПДКм.р. – метилмеркаптана, этилбензола, бензола, ксилола, сероводорода, углерода оксида. Постоянно присутствуют алюминий, марганец, никель, свинец, хром (VI), медь, диметилсульфид, толуол, метанол, фториды плохо растворимые, скипидар, серы диоксид до 0,5 ПДКс.с.

Индивидуальный хронический неканцерогенный риск здоровью превышал приемлемый уровень до 33,4 раза. Факторами, его определяющими, являются взвешенные вещества, сероводород, метилмеркаптан, бенз(а)пирен, фтористый водород, фториды плохо растворимые, алюминий, марганец, никель, свинец, хром (VI), медь, азота диоксид, азота оксид, углерода оксид, фенол, бензол, ксилол, толуол, формальдегид, поступающие преимущественно с атмосферным воздухом. Критические органы и системы включают: органы дыхания, иммунная система, процессы развития, система крови, ЦНС, ВНС, органы зрения, сердечно-сосудистая система, костная система, почки, печень, дополнительная смертность. Канцерогенный риск для детского и взрослого населения превышает приемлемый уровень до 52,5 раз и оценивался как очень высокий. Критическими поражаемыми органами и системами являются органы дыхания, процессы развития, органы зрения. Факторами, определяющими канцерогенный риск, являются хром (VI), формальдегид, бензол, бенз(а)пирен, никель (вклад от 68 до 100 %). Популяционный канцерогенный риск составляет до 8 дополнительных случаев злокачественных новообразований в год. Экспозиции факторов риска подвержено порядка 133,3 тыс. человек (24,9 тыс. детей от 0 до 18 лет и 108,4 тыс. взрослых старше 18 лет).

Источниками опасности являются хозяйствующий субъект по производству алюминия, формирующий наибольший (42–100 %) относительно других учтенных источников вклад в хронический неканцерогенный риск прогнозируемых нарушений здоровья: процессов развития и болезней иммунной системы (определяющий фактор бенз(а)пирен), костной системы (фтористый водород, фториды плохо растворимые), дополнительной смертности (серы диоксид, взвешенные вещества), болезни вегетативной нервной системы (марганец), сердечно-сосудистой системы (углерода оксид), органов дыхания (фториды твердые плохо растворимые, фтористый водород, серы диоксид, диАлюминий триоксид). Хозяйствующий субъект целлюлозно-бумажного производства формирует наибольший вклад (77–99 %) в хронический риск развития болезней печени и почек (определяющий фактор фенол) и болезни ЦНС (метилмеркаптан, фенол).

Популяционное состояние здоровья населения жилой застройки характеризуется неблагоприятными тенденциями. Жалобы населения касаются преимущественно неудовлетворительных условий проживания («О зловонных выбросах», «Выбросы, неприятный запах», «О загрязненном воздухе», «Недопустимая концентрация вредных веществ в воздухе» и др.) и нарушений здоровья, связываемые с загрязнением, в первую очередь, атмосферного воздуха («О плохом здоровье, в результате загрязнения воздуха», «О воздухе, от которого тяжело дышать»). Установлен повышенный уровень общей смертности населения в анализируемый период относительно среднероссийского показателя (13,6 относительно 13,0 случаев на 100 тыс.

¹⁸ Постановление Правительства РФ от 02.03.2000 № 183 «О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него».

населения), связанный с характерными для России основными причинами смерти – болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями. Рост общей и первичной заболеваемости населения за 5 лет (до 3,7 и 4,8 раза соответственно у детского населения, до 1,3 и 1,7 раза – у взрослого населения) выявлен по болезням органов дыхания, нервной системы, костно-мышечной системы, мочеполовой системы, печени, глаз, системы крови, сердечно-сосудистой системы, новообразованиями у детского населения. Образаемость за медицинской помощью экспонированным населением в 1,3–3,6 раза превышала показатели территории сравнения практически по всем анализируемым классам болезней. Риск повышенной (до 2,6–3,4 раза относительно территории сравнения) заболеваемости детского и взрослого населения по критическим органам и системам, ассоциированным с воздействием идентифицированных факторов риска: болезнями ЦНС, костно-мышечной системы, мочеполовой системы, врожденных аномалий, органов пищеварения, органов дыхания, доказанно связан с экспозицией ($OR = 1,6–6,7$, $CI = 1,0–7,6$). Факторами экспозиции, достоверно влияющими на вероятность повышения заболеваемости, являются фтористый водород, метилмеркаптан, бензол, этилбензол, фенол, никель, бенз(а)пирен, свинец, марганец, ксилол, азота оксид, углерода оксид ($R^2 = 0,12–0,87$; $0,0001 \leq p \leq 0,002$). Прогнозируемый популяционный риск возникновения дополнительных случаев заболеваний в следующем году среди детей и взрослых составил суммарно порядка 30 тыс. случаев, из них около 37 % связано с воздействием установленных факторов риска.

Экспозиция доказана повышенным содержанием в моче и крови экспонированных детей и взрослых алюминия, марганца, никеля, хрома, фторид-иона, фенола (до 4,0–5,7 раза выше показателя группы сравнения и референтного уровня с частотой регистрации повышенных проб от 22,8 % до 89,2 % от общего количества исследованных проб), наличием бензола, толуола, о-, м-, п-ксилолов, этилбензола, адекватных идентифицированным химическим факторам риск (до 88 % проб). Факты реализации риска здоровью в виде дополнительных случаев заболеваний установлены для тех органов и систем, которые являются критическими при длительном аэрогенном воздействии, а именно для центральной и вегетативной нервной системы (в виде нейровегетативных дисфункций), органов дыхания (воспалительных и пролиферативных заболеваний верхних и средних отделов дыхательных путей), опорно-двигательного и связочного аппарата, врожденных аномалий, что подтверждено развитием разнообразных клинических, функциональных и лабораторных проявлений. Выявленные нарушения здоровья на индивидуальном уровне (на примере детского контингента), доказанно связанные с повышенным содержанием в биосредах токсичных веществ, квалифицированы по комплексу обязательных признаков и критериев как причиненный вред для 72 % от общего числа обследованных детей. Факторами причинения вреда являются фтор, алюминий, марганец, хром, никель, бензол, этилбензол, фенол. Эти соединения в составе

выбросов от хозяйствующих субъектов должны подлежать обязательному учету, мониторингу и регулированию.

Вместе с тем, на основе сопоставительного анализа перечней приоритетных веществ, выявленных в ходе исследований и предусмотренных к регулированию планами воздухоохраных мероприятий хозяйствующих субъектов, установлены существенные расхождения, свидетельствующие о недооценке реального воздействия компонентов выбросов на здоровье населения. В этой связи уточнен список соединений, в отношении которых дополнительно требуется разработка (алюминий, марганец, хром, никель, бензол, этилбензол, толуол, ксилол) или корректировка (фтор, фенол) существующих мероприятий по ограничению выбросов в атмосферный воздух.

Результаты, полученные в рамках реализации алгоритма действий при проведении направленных санитарно-эпидемиологических исследований позволили доказать связь выявленных и риск-реализованных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов, преимущественными источниками которых является хозяйственная деятельность субъектов по производству алюминия и целлюлозно-бумажной промышленности. Иных причин повышенного риска возникновения заболеваний у населения из зоны экспозиции, кроме условий проживания, не установлено. Полученные результаты и обоснованные рекомендации, оформленные в виде экспертного заключения и переданные в Управление Роспотребнадзора по Иркутской области, явились основанием для принятия управленческих решений органами исполнительной власти муниципального образования города Братска по разработке системы компенсационных мер, направленных на минимизацию риска и предотвращение причинения вреда здоровью населения г. Братск, подвергающегося аэрогенной нагрузке химических факторов.

Принятые и реализованные управленческие решения по разработке компенсационных мер подтверждают эффективность представленного алгоритма действий по проведению направленных санитарно-эпидемиологических исследований. ФНИЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровьем населения при поддержке Управления Роспотребнадзора по Иркутской области разработаны и направлены в Администрацию муниципального образования города Братска предложения по оказанию специализированной медико-профилактической помощи населению из зоны высокого риска. Представленные предложения вошли составной частью в Комплексную программу «Охрана окружающей среды в городе Братске на 2019–2021 годы» в раздел «Комплекс социально-направленных мероприятий», что стало первым опытом для муниципального образования по программному планированию такого рода мероприятий.

За период реализации Программы (2019–2020 гг.) при организационной поддержке Администрации города Братска и финансовой поддержке социально ориентированного бизнеса на базе стационарного отделения ФБУН «ФНИЦ медико-профилактических технологий

управления рисками здоровью населения» углубленной целенаправленной диагностикой, лечением и профилактикой осложнений и инвалидизации охвачено 20 % от числа детей с доказанным вредом здоровью. На базе дошкольных образовательных организаций г. Братска выполнен комплекс диагностики развития заболеваний, ассоциированных с воздействием факторов риска, для 5 % от числа детей 4–6 лет из зоны максимального риска здоровью. На основании полученных результатов разработаны групповые и индивидуальные рекомендации детям и взрослым для дальнейшей реализации профилактических и лечебно-диагностических мероприятий

Выводы:

1. Обоснованный алгоритм действий специалистов органов и организаций Роспотребнадзора в рамках направленных санитарно-эпидемиологических исследований обеспечивает установление и доказательство связи выявленных и риск-реализованных нарушений здоровья населения с воздействием аэротехногенных химических факторов; позволяет уточнить перечень химических веществ, в отношении которых необходима разработка или корректировка мероприятий по снижению выбросов в атмосферу; расширить перечень критических органов и систем для повышения эффективности прогнозирования ожидаемых риск-реализованных нарушений здоровья; обосновать адекватный перечень адресных медико-профилактических мероприятий, направленный на предотвращение и снижение негативных последствий причинения вреда здоровью экспонированного населения. Полученные результаты являются основанием для принятия управленческих решений и могут быть использованы в досудебной практике.

2. Реализация алгоритма действий, выполненная на примере г. Братска – участника федерального проекта «Чистый воздух», позволила доказать для экспонированного населения факты причинения вреда здоровью, детерминированного воздействием аэротехногенных химических факторов риска, преимущественными источниками которых является хозяйственная деятельность субъектов по производству алюминия и целлюлозно-бумажной промышленности.

3. Полученные результаты явились основанием для разработки и внедрения хозяйствующими субъектами мероприятий, направленных на снижение остаточных рисков, связанных с воздействием химических веществ, представляющих опасность для здоровья, в том числе фтористых газообразных соединений, метилмеркаптана, бенз(а)пирена, фенола; включение Администрацией г. Братска планов воздухоохраных мероприятий муниципального образования мероприятий по снижению валовых выбросов в атмосферный воздух диоксида алюминия, триоксида марганца и его соединений, хрома и его соединений, никеля оксида, бензола, толуола, этилбензола, ксилолов; для организации и обеспечения реализации Администрацией г. Братска программы адресной медико-профилактической помощи детям и взрослым, подвергающимся аэрогенному воздействию химических факторов, причиняющих вред здоровью.

4. Полученные результаты использованы Управлением Роспотребнадзора по Иркутской области для корректировки мероприятий, проводимых в рамках СГМ и контрольно-надзорной деятельности, включающих в том числе уточнение программы лабораторного сопровождения и обязательных требований; мониторинг численности населения под воздействием, биомониторинг с учетом идентифицированных факторов риска и перечня приоритетных факторов по критериям причинения вреда; расширение мониторинга и раннего выявления риск-реализованных нарушений здоровья (в том числе заболеваний центральной и вегетативной нервной системы, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, врожденных аномалий).

5. Эффективность реализации алгоритма действий подтверждена принятыми органами исполнительной власти муниципального образования г. Братск управленческими решениями по разработке и осуществлению мер, в том числе через механизмы Комплексных территориальных программ и планов, направленных на минимизацию риска и устранение негативных последствий причинения вреда, детерминированного воздействием аэрогенного химического фактора.

Коллектив авторов благодарит специалистов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» за проведение расчетных фрагментов работы – д.м.н., профессора Май И.В., д.м.н. С.В. Клейн, д.м.н. П.З. Шур, к.м.н. К.В. Четверкину, С.Ю. Балашова; клинических исследований – д.м.н. О.Ю. Устинову, к.м.н. О.А. Кобякову; химико-аналитических исследований – д.б.н. Т.С. Уланову, д.б.н. Т.В. Нурисламову, к.б.н. Т.Д. Карнажицкую; за выполнение иммунологических исследований – д.м.н. О.В. Долгих.

Информация о вкладе авторов: Зайцева Н.В. – научно-методическое обеспечение подготовки рукописи, формулирование актуальности, цели, выводов по результатам исследований, корректировка текста; Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А. – сбор и анализ данных для подготовки рукописи, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Пережогин А.Н., Савиных Д.Ф. – организация исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 6, 16 см. References)

1. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2 (251). С. 4–7.
2. Онищенко Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 4–14.
3. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Попова А.Ю. и др. Социально-экономические детерминанты и потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 14–29. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.02
4. Степанова Л.П., Мышкин А.И., Коренькова Е.А. Оценка состояния природной среды для выявления зон экологического неблагополучия // Вестник

- Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. С. 42–48.
- Веревина М.Л., Русаков Н.В., Жукова Т.В. и др. Оценка заболеваемости населения в зависимости от условий проживания // Гигиена и санитария. 2010. № 3. С. 21–25.
 - Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий Федерального проекта «Чистый воздух» мероприятия // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13.
 - Клейн С.В., Веквшинина С.А., Балашов С.Ю. и др. Анализ причинно-следственных связей уровней биологических маркеров экспозиции тяжелых металлов с их персонализированной дозой нагрузкой в зоне влияния отходов крупного металлургического комбината // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 1. С. 29–35.
 - Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Диконская О.В. и др. Управление риском для здоровья населения в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения муниципальных образований (опыт Свердловской области) // Анализ риска здоровью. 2013. № 3. С. 64–74.
 - Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М. и др. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36.
 - Май И.В., Зайцева Н.В., Клейн С.В. и др. Установление и доказательство вреда здоровью гражданина, наносимого негативным воздействием факторов среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 11 (248). С. 4–6.
 - Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических элементов. Пермь: Книжный формат, 2011. 532 с.
 - Землянова М.А., Долгих О.В. Биомаркеры эффекта как показатели и критерии воздействия техногенных химических факторов окружающей и производственной среды на здоровье // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 11 (212). С. 31–33.
 - Май И.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. Опыт доказательства вреда здоровью населения при воздействии факторов среды обитания // Здоровье и окружающая среда. 2015. Т. 1. № 25. С. 59–63.
 - Зайцева Н.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. К практике доказывания вреда здоровью населения на популяционном и индивидуальном уровнях при воздействии вредных факторов среды обитания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 1. № 7. С. 457–463.
 - growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis*. 2019; (4):14-29. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.02.eng>
 - Stepanova LP, Mishkin AI, Korenkova EA. The complex ecological valuation for the identification of failure in the environment. *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhby Narodov. Seriya: Ekologiya i Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2011; (1):42-48.
 - Verevina ML, Rusakov NV, Zhukova TV, et al. Estimation of morbidity rates in relation to living conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2010; (3):21-25. (In Russian).
 - Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med*. 2015; 372(10):905-913. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414123>
 - Popova AYU, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within "Pure Air" Federal Project. *Health Risk Analysis*. 2019; (4):4-13. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01>
 - Kleyn SV, Vekovshinina SA, Balashov SYu, et al. Analysis of cause-effect relations of the levels of biological markers of exposure to heavy metals with their personalized loading dose in the areas of wastes' influence induced by the operation of the metallurgical plant in the past. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(1):29-35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-29-35>
 - Gurvich VB, Kuzmin SV, Dikonskaya OV, et al. Health risk management to provide health and epidemiological well-being to the population in municipalities (the experience of the Sverdlovsk region). *Health Risk Analysis*. 2013; (3):64-74. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2013.3.08>
 - Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, et al. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019; (4):30-36. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03>
 - May IV, Zaitseva NV, Klein SV, et al. Establishment and proof of health damage due to the negative impact of environmental factors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2013; (11(248)):4-6. (In Russian).
 - Onishchenko GG, Zaitseva NV, Zemlianova MA. [Hygienic indication of health effects during external exposure to chemical elements.] Perm: Knizhnyi format Publ., 2011. 532 p. (In Russian).
 - Zemlyanova MA, Dolgikh OV. Biomarkers as health effect indicators and criteria of the exposure to man-made chemical environmental and occupational factors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2010; (11(212)):31-33. (In Russian).
 - May IV, Kleyn SV, Sedusova EV. Experience proof of health damage to the impact of environmental factors. *Zdorov'e i Okruzhayushchaya Sreda*. 2015; 1(25):59-63. (In Russian).
 - Zaytseva NV, Klein SV, Sedusova EV. To the practice of proofing the harm to the population health at population and individual levels at influence of harmful factors of habitat. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoi Akademii Nauk*. 2015; 1(7):457-463. (In Russian).
 - Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. *Ann Rev Public Health*. 1995; 16:61-81. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.pu.16.050195.000425>

References

- Popova AYU. Strategic priorities of the Russian Federation in the field of ecology from the position of preservation of health of the nation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014; (2(251)):4-7. (In Russian).
- Onishchenko GG. Health risk assessment and management as an effective tool to solve issues to ensure the health and epidemiological well-being of the Russian Federation population. *Health Risk Analysis*. 2013; (1):4-14. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2013.1.01>
- Zaitseva NV, Onishchenko GG, Popova AYU, et al. Social and economic determinants and potential for

