

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2024

Читать
онлайн
Read
onlineЗайцева Н.В.^{1,2}, Землянова М.А.¹, Кольдибекова Ю.В.¹

Потенциал повышения надёжности гигиенических оценок на основе сопоставительного анализа риска и вреда для здоровья в условиях воздействия факторов среды обитания

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия;

²ФГБУ «Российская академия наук», 119071, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Ответственность Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) за обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения требует совершенствования методов научного анализа и прогноза для оптимизации управленческих решений.

Цель работы – повышение надёжности гигиенических оценок в системе государственного регулирования и контроля на основе сопоставительного анализа результатов оценки формализованного риска для здоровья и реального вреда в условиях воздействия химических факторов среды обитания.

Материалы и методы. Разработана методология сопоставительного анализа результатов оценки формализованного (расчётного) и реализованного риска (причинения реального вреда) для здоровья экспонированного населения. Реализация предложенных подходов на примере сопоставительного анализа результатов оценки риска и причинения вреда здоровью выполнена при углублённом медицинском обследовании 268 детей в возрасте 4–7 лет из зоны аэрогенной химической экспозиции от источников выбросов крупного металлургического производства. Группа сравнения включала 98 неэкспонированных детей 4–7 лет (2020–2022 гг.).

Результат. Уточнён перечень приоритетных веществ (8 компонентов), по которым наблюдаются критические нарушения обязательных требований санитарного законодательства в отношении качества атмосферного воздуха (несоблюдение гигиенических нормативов по азота диоксиду, марганцу, никелю, фторидам неорганическим, формальдегиду, алюминию, свинцу, серы диоксиду), влекущие причинение реального вреда здоровью. Конкретизирован перечень фактически состоявшихся болезней, идентифицированных как причинённый реальный вред (8 видов): астма с аллергокомпонентом, аллергический ринит, хронический синусит, общий переменный иммунодефицит, нарушение сердечной деятельности, нефритический синдром, атопический дерматит.

Ограничения исследования. Сопоставительный анализ выполнен для загрязняющих веществ при длительном аэрогенном воздействии на детей в возрасте 4–7 лет.

Заключение. Сопоставительный анализ результатов оценки формализованного и реализованного риска для здоровья (вреда) экспонированного населения позволяет эффективно идентифицировать риски нарушений обязательных требований санитарного законодательства, влекущие причинение вреда (ущерба) здоровью, и обосновать индикаторы риска для здоровья (вреда), детерминированного нарушением обязательных требований, для государственного регулирования на системном уровне.

Ключевые слова: расчётный риск для здоровья; причинённый реальный вред; надёжность гигиенических оценок; факторы причинения вреда; регулирующие меры

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора (протокол заседания № 2 от 11.02.2021 г.), проведено согласно общепринятым научным принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.).

Для цитирования: Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В. Потенциал повышения надёжности гигиенических оценок на основе сопоставительного анализа риска и вреда для здоровья в условиях воздействия факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(5): 396–406. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-5-396-406> <https://elibrary.ru/bwjtha>

Для корреспонденции: Землянова Марина Александровна, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 614045, Пермь. E-mail: zem@fcrisk.ru

Участие авторов: Зайцева Н.В. – концепция исследования, редактирование; Землянова М.А. – дизайн исследования, сопоставительный анализ, редактирование; Кольдибекова Ю.В. – сбор материала и обработка данных, написание текста. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование выполнено за счёт средств федерального бюджета.

Поступила: 16.02.2024 / Поступила после доработки: 05.04.2024 / Принята к печати: 09.04.2024 / Опубликовано: 17.06.2024

Nina V. Zaitseva^{1,2}, Marina A. Zemlyanova¹, Juliya V. Koldibekova¹

The potential for increasing the reliability of hygienic assessments based on a comparative analysis of risk and harm to health under the influence of environmental factors

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation;²Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The large-scale responsibility of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (Rosпотребнадзор) for ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population requires improving methods of scientific analysis and forecasting to optimize management decisions.

The purpose of the work is to increase the reliability of hygienic assessments in the system of state regulation and control based on a comparative analysis of the results of assessing formalized risk and real harm to health under the influence of chemical environmental factors.

Materials and methods. A methodology has been developed for comparative analysis of the results of assessing the formalized (calculated) and realized risk (causing real harm) to the health of the exposed population. The implementation of the proposed approaches was carried out using the example of a comparative analysis of the results of assessing risk and harm to health during an in-depth medical examination of two hundred sixty eight 4–7 years children from the zone of aerogenic chemical exposure from emission sources of large metallurgical production. The comparison group included 98 unexposed 4–7 years children (2020–2022).

Results. There has been clarified the list of priority substances (8 components) for which there are critical violations of the mandatory requirements of sanitary legislation regarding the quality of atmospheric air (non-compliance with hygienic standards for nitrogen dioxide, manganese, nickel, inorganic fluorides, formaldehyde, aluminum, lead, sulfur dioxide), leading to real harm to health. The list of actual diseases identified as real harm caused (8 types) is specified – asthma with an allergic component, allergic rhinitis, chronic sinusitis, common variable immunodeficiency, cardiac dysfunction, nephrotic syndrome, atopic dermatitis.

Limitations. A comparative analysis was performed for 4–7 years children exposed to long-term aerogenic pollutants.

Conclusion. A conjugate comparative analysis of the results of assessing the formalized and realized risk (harm) to the health of the exposed population allows to effectively identifying the risks of violations of mandatory requirements of sanitary legislation, leading to harm (damage) to health and to substantiate indicators of risk (harm) to health caused as a result of violations of mandatory requirements for state regulation at the system level.

Keywords: calculated health risk; actual harm caused; reliability of hygiene assessments; critical violations; risk indicators; regulatory measures

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethical committee of the Federal Scientific Center for Medical and Reservative Technologies for Risk Management of the Population of the Rosпотребнадзор (meeting protocol No. 2 dated 11.02.2021), and the Helsinki Declaration of the World Medical Association (as amended 2013) was carried out.

For citation: Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Koldibekova J.V. The potential for increasing the reliability of hygienic assessments based on a comparative analysis of risk and harm to health under the influence of environmental factors. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2024; 103(5): 396–406. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-5-396-406> <https://elibrary.ru/bwjthta> (In Russ.)

For correspondence: Marina A. Zemlyanova, MD, PhD, DSci., Professor, Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: zem@ferisk.ru

Contribution: Zaitseva N.V. – concept and editing; Zemlyanova M.A. – research design, comparative analysis, editing; Koldibekova Yu.V. – collecting material and processing data, writing text; All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version. 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: February 16, 2024 / Revised: April 5, 2024 / Accepted: April 9, 2024 / Published: June 17, 2024

Введение

Человеческий капитал, комфортные и безопасные для жизни условия среды обитания, экономический рост на мировом и национальном уровнях, в основе которого лежит прорывное развитие критических и сквозных технологий, являются важнейшим направлением сохранения благополучия нации и сбережения здоровья граждан. Обозначенные приоритеты закреплены в документах стратегического планирования Российской Федерации^{1,2,3} на текущую и среднесрочную перспективу.

В этом аспекте устойчивый рост гигиенической безопасности, определяемой комплексом наилучших условий

для здоровья и жизнедеятельности, становится целевой функцией и критерием эффективности государственной политики, одним из основных условий реализации конституциональных прав граждан на охрану здоровья, обеспечения охраной окружающей среды, созданием безопасных и благоприятных условий труда^{4,5}. В связи с этим существенно расширяются обязательства территориальных органов и подведомственных учреждений Роспотребнадзора в области сдерживания и предотвращения угроз санитарно-эпидемиологического характера⁶ объективно требующих реакции со стороны государства. Актуально совершенствование методов научного анализа и прогноза для оптимизации управленческих решений с позиций обоснованности,

¹ Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. Доступно: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74304210/> (дата обращения: 12.03.2024 г.).

² Концепция технологического развития на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 20.05.2023 г. № 1315-п). [Электронный ресурс]. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895/ (дата обращения: 12.03.2024 г.).

³ Послание Президента Федеральному Собранию от 29.02.2024 г. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://kremlin.ru/events/president/news/73585> (дата обращения: 10.03.2024 г.).

⁴ Конституция Российской Федерации; Статья 41. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://base.garant.ru/10103000/6f6a564ac5dc1fa713a326239c5c2f5d/> (дата обращения: 23.01.2024 г.).

⁵ Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 05.01.2024 г.). [Электронный ресурс]. Доступно: <https://government.ru/docs/all/100186/> (дата обращения: 13.03.2024 г.).

⁶ О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон № 248-ФЗ от 31.07.2020 г. [Электронный ресурс]. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358750/ (дата обращения: 12.03.2024 г.).

дифференцированности, адекватности, минимальной достаточности, реализации только в критически необходимых точках, исключающих избыточность регулирующих мер в условиях множественности и неопределённости существующих рисков для здоровья [1–4]. Необходимость обеспечения экспертно-аналитической поддержки принятия решений, не препятствующей экономическому развитию в подконтрольных сферах, приобрело национальный⁷ и глобальный характер [5, 6].

К числу результативных механизмов осуществления адекватных предупредительных и регулирующих мер для эффективного достижения целевых показателей относится повышение точности и надёжности получаемых результатов по приоритетным веществам, требующим первоочередного регулирования [7–9]. Следовательно, необходимо повышение результативности научно-методических подходов к выделению приоритетных загрязняющих компонентов среды обитания, с экспозицией которых могут быть связаны критические нарушения, имеющие наибольшие негативные последствия (вред) для здоровья. Усиление объективности анализа направлено на повышение надёжности гигиенических оценок причинно-следственных связей между выявляемыми нарушениями состояния здоровья населения в зонах экспозиции и воздействием факторов риска, что обеспечивает большую степень адекватности политики митигации рисков и негативных последствий их реализации [7, 9–12].

В настоящее время методические подходы к оценке риска для здоровья населения от воздействия факторов среды обитания рассматриваются в качестве ведущих при проведении гигиенических оценок в системе причинно-следственных связей «среда обитания – здоровье населения», а в ряде случаев – как единственный имеющий правоприменительную практику инструмент обоснования регулирующих мер [12–16]. Совершенствование концепции оценки риска как базовой основы государственного управления санитарно-эпидемиологической ситуацией позволяет повысить целенаправленность и обоснованность регулирующих мер [7, 8, 10, 11]. Вместе с тем национальные исследования сформировали определённый взгляд на то, что результаты оценки риска являются достаточно неопределёнными и не всегда адекватно отражают реальную медико-демографическую ситуацию на популяционном уровне, а также не в полной мере соответствуют химическим загрязнениям, с воздействием которых ассоциированы фактические заболеваемость и смертность населения [17].

В регионах, отдельных промышленных городах и городских поселениях с размещением и функционированием крупных производственных объектов, являющихся источниками выбросов многих примесей с различными физико-химическими свойствами и степенью опасности для здоровья, целесообразны уточнение и конкретизация полученных расчётных данных результатами углублённых направленных медицинских исследований состояния здоровья экспонируемого населения. Практика углублённых исследований экспонированного населения на примере городов – участников ФП «Чистый воздух» (Красноярск, Братск, Ачинск, Шелехов и др.) свидетельствует о причинении реального вреда здоровью на индивидуальном уровне вследствие ненадлежащего исполнения обязательных требований санитарного законодательства. Вред доказан в 27–72% случаев для обследованной выборки детей 4–7 лет в виде болезней органов дыхания, нервной системы, костно-мышечного аппарата [7, 18]. Перечень веществ, непосредственно обуславливающих патоморфоз выявленных риск-реализованных патологий, идентифицирован как факторы причинения вреда. В основе результатов таких исследований лежит анализ системы количественно

оценённых зависимостей между факторами воздействия и биомаркерами экспозиции и негативных эффектов. Это позволяет существенно повысить точность оценок формализованных (расчётных) рисков, исключить их аггравацию или недоучёт [7, 16, 19–21]. Особенно это относится к веществам, приоритетность которых определяется результатами расчётного риска и уточняется при оценке причинения реального вреда для здоровья (наблюдаются расхождения в количестве веществ до двух-трёх раз). Так, становится возможным минимизировать избыточность и неэффективность регулирующих мер, в том числе необоснованные финансовые затраты на их реализацию, при переоценке формализованных рисков и несоответствии их реальной ситуации, скорректировать недостаточность запланированных мероприятий при недооценке риска и малой эффективности предпринимаемых мер [21]. В связи с этим совершенствование методических подходов к сопоставительному анализу формализованного риска (популяционный уровень) и реального вреда (индивидуальный уровень) повышает точность и надёжность результатов гигиенических оценок и является перспективным инструментом дифференцированного обоснования минимально необходимых и достаточных управленческих решений по митигации рисков и вреда для здоровья населения в зонах экспозиции.

Цель работы – повышение надёжности гигиенических оценок в системе государственного регулирования и контроля на основе сопоставительного анализа результатов оценки формализованного риска для здоровья и реального вреда в условиях воздействия химических факторов среды обитания.

Основными задачами сопоставительного анализа являлись:

- идентификация риска нарушений обязательных требований санитарного законодательства, влекущих причинение вреда (ущерба) здоровью;
- индикация риска для здоровья (вреда), причинённого вследствие нарушений обязательных требований санитарного законодательства, с целью государственного регулирования на системном уровне, в том числе совершенствования контрольно-надзорной деятельности.

Материалы и методы

Обобщены научные материалы, полученные на основе результатов многолетних исследований причинно-следственных связей нарушений обязательных требований санитарного законодательства, риска и конкретных факторов причинения реального вреда для здоровья лиц, находящихся в зонах экспозиций выбросов объектов хозяйственной деятельности. В период 2000–2020 гг. была сформирована база собственных данных по результатам обследования примерно 800 тыс. взрослых и детей – жителей Красноярского края, Бурятии, Татарстана, Крыма, Удмуртской Республики, Иркутской, Ленинградской, Читинской областей и др.

Разработана методология сопоставительного анализа результатов оценки формализованного (расчётного) и реального риска для здоровья населения (причинения реального вреда) в условиях воздействия факторов экспозиции. Основные положения научного сопоставительного анализа представлены на рис. 1.

Ключевые позиции сопоставления базируются на последовательном сравнении количественных и качественных показателей, характеризующих результаты расчётного риска и доказанного реального причинения вреда для здоровья. Для реализации предложенных методических подходов необходимо выполнить:

- ранжированную оценку химических факторов неканцерогенного риска с учётом их вклада в величину индекса опасности (НИ) и сформировать перечень органов-мишеней, в отношении которых в первую очередь выполняется прогноз развития патологий (базируется на полуколичественной оценке риска и степени его приемлемости по критерию индекса опасности (НИ) ≤ 3

¹ Концепция совершенствования контрольной (надзорной) деятельности до 2026 года: Распоряжение Правительства РФ от 21.12.2023 г. № 3745-р. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://government.ru/docs/50506/> (дата обращения: 09.03.2024 г.).

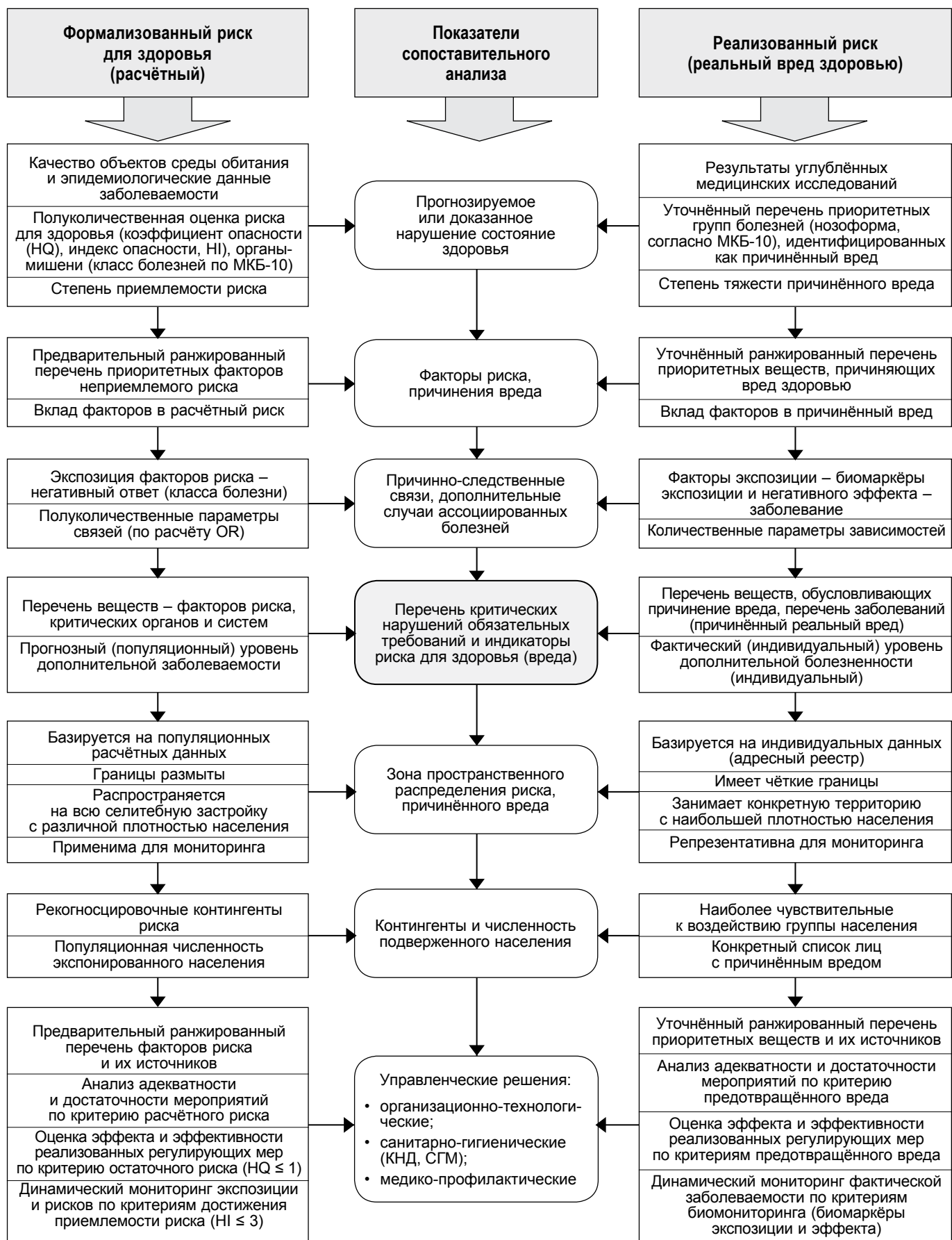


Рис. 1. Методические подходы к сопоставительному анализу результатов оценки формализованного риска и причинения реального вреда здоровью населения в условиях воздействия химических факторов среды обитания.

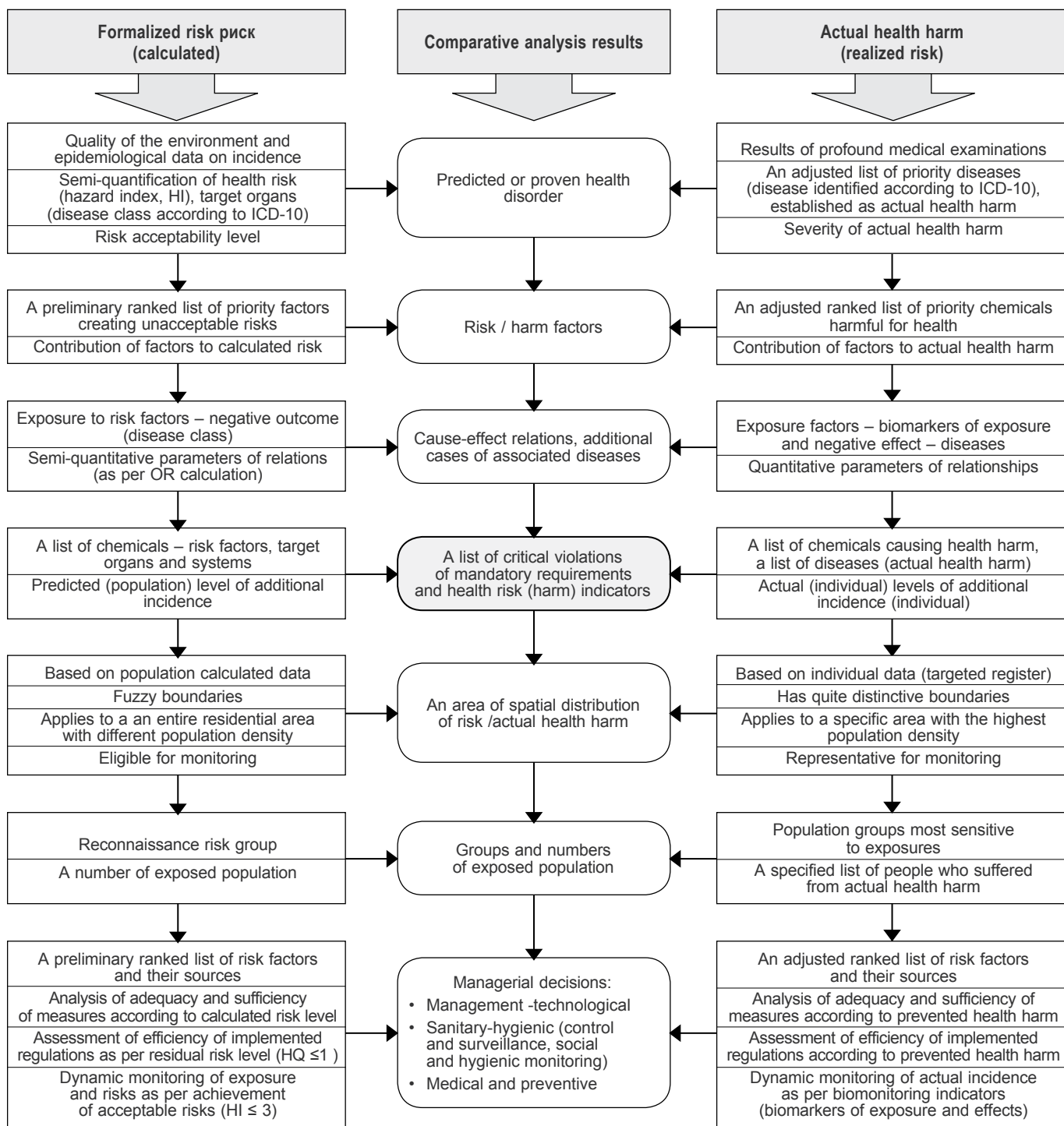


Fig. 1. Methodology for comparative analysis of the results of assessing formalized risk and causing real harm to public health under the impact of chemical environmental factors.

в соответствии с подходами, представленными в Руководстве Р 2.1.10.3968–23⁸;

- идентифицировать расчётную зону воздействия и рекогносцировать выделить контингенты риска с учётом возраста;
- установить связь развития болезней с воздействием факторов экспозиции на основании расчёта отношения шансов (OR и CI) с использованием данных эпидемио-

логических исследований⁹ и выполнить прогноз дополнительной ассоциированной заболеваемости на уровне популяции;

- реализовать алгоритм доказательства фактического причинения реального вреда для здоровья экспонированных лиц, основанный на комплексном анализе параметризованных взаимосвязей «источник факторов экспозиции – экспозиция – биомаркёры экспозиции –

⁸ Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (Р 2.1.10.3968–23). М.: Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации. 2023. 221 с.

⁹ Клиническая эпидемиология: Основы доказательной медицины. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Издательство: Медиа Сфера. 1998. 352 с.

биомаркёры негативных эффектов – ответ (болезнь)», обеспечивающих уникальную идентификацию вреда в виде конкретного состоявшегося случая заболевания;

- определить перечень факторов, причиняющих вред, и их источников, список лиц с фактически доказанным вредом и конкретную зону воздействия в жилой застройке, фактический уровень дополнительной болезненности на индивидуальном уровне;
- выполнить сопоставительный анализ приоритетов, установленных по критериям формализованного риска и причинённого реального вреда: перечня веществ и их источников, негативных эффектов, зон воздействия, стратегий принятия управленческих решений, в том числе запланированных и реализуемых регулирующих мер, направленных на митигацию рисков и причинённого вреда здоровью граждан.

Анализ факторов причинения реального вреда для здоровья основан на результатах сравнительных углублённых медицинских обследований экспонированного и неэкспонированного населения. Данные получены при реализации алгоритма исследований в соответствии с методическими указаниями МУ 2.1.10.3165–14¹⁰. На индивидуальном уровне с учётом приоритетных факторов риска и патогенетически связанных с ними морфофункциональных нарушений критических органов и систем выполняются исследования количественного содержания токсикантов в биологических средах химико-аналитическими методами, клинические, функциональные, биохимические, иммунологические и другие исследования. Полученные результаты по критериям биомаркёрной сигнатуры позволяют уточнить патогенетический механизм модифицирующего действия факторов экспозиции на развитие болезней. Основаниями для проведения углублённых медицинских исследований здоровья экспонированного населения являются: стабильно высокий уровень загрязнения объектов среды обитания, повышенные показатели смертности и заболеваемости, жалобы людей на ненадлежащее качество объектов среды обитания и связанные с ним нарушения здоровья. Факт и степень тяжести риск-реализованных нарушений здоровья (причинение реального вреда), доказанно связанных с воздействием факторов химической экспозиции, устанавливают по специальным квалифицирующим гигиеническим и медико-биологическим показателям и критериям, в том числе по обоснованным биомаркёрам, которые разработаны на базе существующих медицинских критериев для определения степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека¹¹. На основании выполненных исследований устанавливается индивидуальный уровень дополнительных случаев конкретных хронических болезней (диагноз по МКБ-10), идентифицированных как реальный вред для здоровья, составляется список конкретных лиц, здоровью которых причинён вред.

Уточняется ранжированный перечень приоритетных (критических) веществ и их вклад в причинённый вред, а также перечень приоритетных видов нарушений, имеющих наиболее негативные последствия для здоровья, с детализацией конкретной нозологической формы. Адресная привязка мест проживания детей к причинённому реальным вредом к картографической топооснове территории города позволяет уточнить расчётную зону пространственного распределения неприемлемого риска.

¹⁰ Порядок применения результатов медико-биологических исследований для доказательства причинения вреда здоровью населения негативным воздействием химических факторов среды обитания: МУ 2.1.10.3165–14 [Электронный ресурс]. Официальный сайт Электронный фонд правовой и научно-технической информации. Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/1200121662> (дата обращения: 01.03.2024 г.).

¹¹ Об утверждении медицинских критериев определения степени тяжести вреда, причинённого здоровью человека: Приказ Минздрава России от 24.04.2008 г. № 194 (в ред. Приказа Минздрава России от 18.01.2012 г. № 18н). [Электронный ресурс]. Доступно: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=196549#h629> (дата обращения: 13.03.2024 г.).

Реализация предложенных подходов выполнена на примере сопоставительного анализа результатов оценки риска и причинения реального вреда для здоровья по результатам углублённого медицинского обследования 268 детей 4–7 лет в жилой застройке, подвергающейся аэрогенной экспозиции химических веществ, сформированной преимущественно выбросами от источников крупного хозяйствующего субъекта металлургического производства. Группа сравнения включала 98 неэкспонированных детей 4–7 лет (2020–2022 гг.).

Критериями включения детей в группу наблюдения являлись: проживание не менее трёх лет в зоне наибольшего риска для здоровья, сформированного аэрогенной экспозицией от источников хозяйствующего субъекта; возраст 4–7 лет; отсутствие инфекционных и соматических болезней в стадии обострения в течение одного месяца, предшествующего углублённому обследованию; среднедушевой доход семьи на уровне не ниже среднего регионального показателя; соответствие жилищных условий гигиеническим требованиям. Критериями включения детей в группу сравнения являлись аналогичные показатели за исключением уровня экспозиции изучаемыми химическими факторами риска, который должен быть значительно ниже либо отсутствовать.

Углублённое обследование детей, включённых в выборку, выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 г. (в действующей редакции), Национальном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICH E6 GCP). От каждого законного представителя ребёнка, включённого в выборку, было получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании.

У каждого ребёнка проведено однократное лабораторно-диагностическое обследование, включающее химико-аналитическое исследование биосред на содержание изучаемых химических веществ; иммунологические, биохимические, общеклинические, инструментальные (кардиоинтервалография, риноманометрия, спирография, электрокардиография), ультразвуковое сканирование органов (печени, сердца, почек, щитовидной железы, селезёнки). Всего выполнено 27 816 исследований по 76 показателям.

Выборки детей групп наблюдения и групп сравнения являлись репрезентативными, что было обеспечено их достаточной численностью. Объём выборочной совокупности рассчитывали исходя из необходимого условия наличия зависимости между сравниваемыми признаками, а именно достоверности коэффициента корреляции с заданным уровнем значимости $\alpha = 0,05$ (1).

$$N \geq 2 + t_{\alpha}^2 \left(\frac{1}{R^2} - 1 \right), \quad (1)$$

где N – объём выборки; R^2 – коэффициент детерминации; t_{α} – квантиль распределения Стьюдента порядка α ; α – уровень значимости. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ квантиль распределения Стьюдента стремится к значению 1,96.

Задавая конкретное значение коэффициента корреляции, по соотношению определяли минимальный объём выборки, позволяющий оценивать зависимость между анализируемыми показателями. При условии оценки зависимостей со степенью выраженности от 0,15 и выше ($R^2 \geq 0,15$) объём выборки должен включать не менее 169 наблюдений.

Результаты

Сопоставительный анализ формализованного и фактически реализованного риска для здоровья (причинение реального вреда) экспонированного детского населения показал, что из 30 веществ, поступающих в составе выбросов в атмосферный воздух от 254 действующих источников и формирующих качество на уровне от 1,4 до 11,2 ПДКс.г., факторами риска являются 23 компонента. По критериям при-

Сравнительный анализ результатов оценки формализованного и фактически реализованного риска для здоровья в условиях аэрогенной химической экспозиции

Comparative analysis of the results of assessing formal and actually realized health risks under conditions of aerogenic chemical exposure

Критические органы и системы (класс болезней по МКБ-10) Critical organs and systems (disease class according to ICD-10)	Риск для здоровья / Health risk					Нозологическая форма болезни (по МКБ-10) Nosological form of the diseases (according to ICD-10)
	расчётный / calculated		адекватность расчётного риска adequacy of the calculated risk	реальный вред / real harm		
	величина риска hazard Index HI	степень опасности hazard degree		степень опасности hazard degree	величина вреда harm magnitude r	
J00–J99 Органы дыхания Respiratory system	32.09	Чрезвычайно высокая Extremely high	Переоценка Revaluation	Средняя Moderate	0.53	J45.0 Астма с преобладанием аллергического компонента Asthma with an allergy component
					0.48	J30.3 Аллергический ринит Allergic rhinitis
					0.33	J32.9 Хронический синусит Chronic sinusitis
D50–D89 Система крови с вовлечением иммунных механизмов Blood system with involving immune mechanisms	9.68	Чрезвычайно высокая Extremely high	Переоценка Revaluation	Высокая High	0.57	D83 Общий переменный иммунодефицит Common variable immunodeficiency
N00–N39 Мочевыделительная система Urinary system	0.85	Пренебрежимо малая Negligible	Недооценка Underestimation	Средняя Moderate	0.37	N05 Нефритический синдром Nephritic syndrome
I00–I99 Система кровообращения Circulatory system	0.84	Пренебрежимо малая Negligible	Недооценка Underestimation	Средняя Moderate	0.33	I49.8 Нарушения сердечного ритма Heart rhythm disturbances
			Адекватно Underestimation	Пренебрежимо малая Negligible	0.11	I49.5 Синдром слабости синусового узла Sick sinus syndrome
L00–L99 Кожа Skin	–	Не определён Undefined	Недооценка Underestimation	Низкая Low	0.19	L23 Аллергический дерматит Allergic dermatitis
				Средняя Moderate	0.29	L20.8 Атопический дерматит Atopic dermatitis

чинённого вреда перечень был уточнён, в него вошли только 18 примесей, обуславливающих причинение реального вреда здоровью при несоблюдении гигиенических нормативов их содержания в воздухе зоны проживания (оксиды азота (II), серы (IV), углерода (II), марганца (II), никеля (II), меди (II), хрома (VI), алюминия (III), аммиак, фториды твёрдые, формальдегид, бензол, серная и синильная кислоты, сероводород, мазутная зола тепловых электростанций (в пересчёте на ванадий), свинец, сероводород, натрий углекислый). При этом только восемь веществ, по которым установлены нарушения обязательных требований санитарного законодательства в отношении качества атмосферного воздуха (повышение предельно допустимых среднегодовых концентраций гигиенических нормативов по оксиду азота (II), серы (IV), никеля (II), алюминия (III), фторидам твёрдым, формальдегиду, свинцу), формировали реальный вред высокой степени тяжести.

Установлен расчётный преимущественно высокий риск для здоровья детей (HI = 9,68–32,9), обусловленный вероятным развитием болезней органов дыхания и крови с вовлечением иммунных механизмов. Экспозиции подвергаются примерно 218 тыс. детей. Оценка фактической реализации риска позволила установить, что у 51 из 268 обследованных детей (19%) доказан реальный вред здоровью от низкой до высокой степени тяжести в виде болезней органов дыхания (астма и ринит аллергического генеза, хронический сину-

сит), системы крови с вовлечением иммунных механизмов (общий переменный иммунодефицит), системы кровообращения (нарушение сердечного ритма), мочевыделительной системы (нефритический синдром), кожи (аллергический контактный и атопический дерматит). Из них у 71% детей установлен вред высокой и средней степени тяжести. Идентификация негативных ответов по критериям причинённого вреда в виде конкретных болезней (например, органов дыхания) выполнена по пяти обоснованным биомаркерами экспозиции веществ, тропных к органам дыхания (алюминий, фтор-ион, никель, марганец, формальдегид) и 18 биомаркерами негативных эффектов (индекс эозинофилии, CD127⁻-лимфоциты, CD3⁺CD95⁺-лимфоциты, иммуноглобулины E общий и специфический к M_p, S_g, иммуноглобулин G, специфический к A1, малоновый диальдегид, общая антиоксидантная активность, супероксиддисмутаза, p53, интерлейкин-1-бета, регулятор апоптоза (Bax), Bcl-2-ассоциированный белок, фактор некроза опухоли, глутамат, суммарный объём проходящего через нос воздуха, форсированная ЖЕЛ, объём формированного выдоха). При прогнозировании негативных эффектов по результатам оценки рисков отсутствует возможность использования биомаркерной диагностики, что снижает точность прогнозных оценок. Вклад веществ в патоморфоз болезней, доказанных как реальный вред, составил 9–53%, в то время как вклад веществ в величину HI – 0,1–17,4%, что существенно занижает зна-

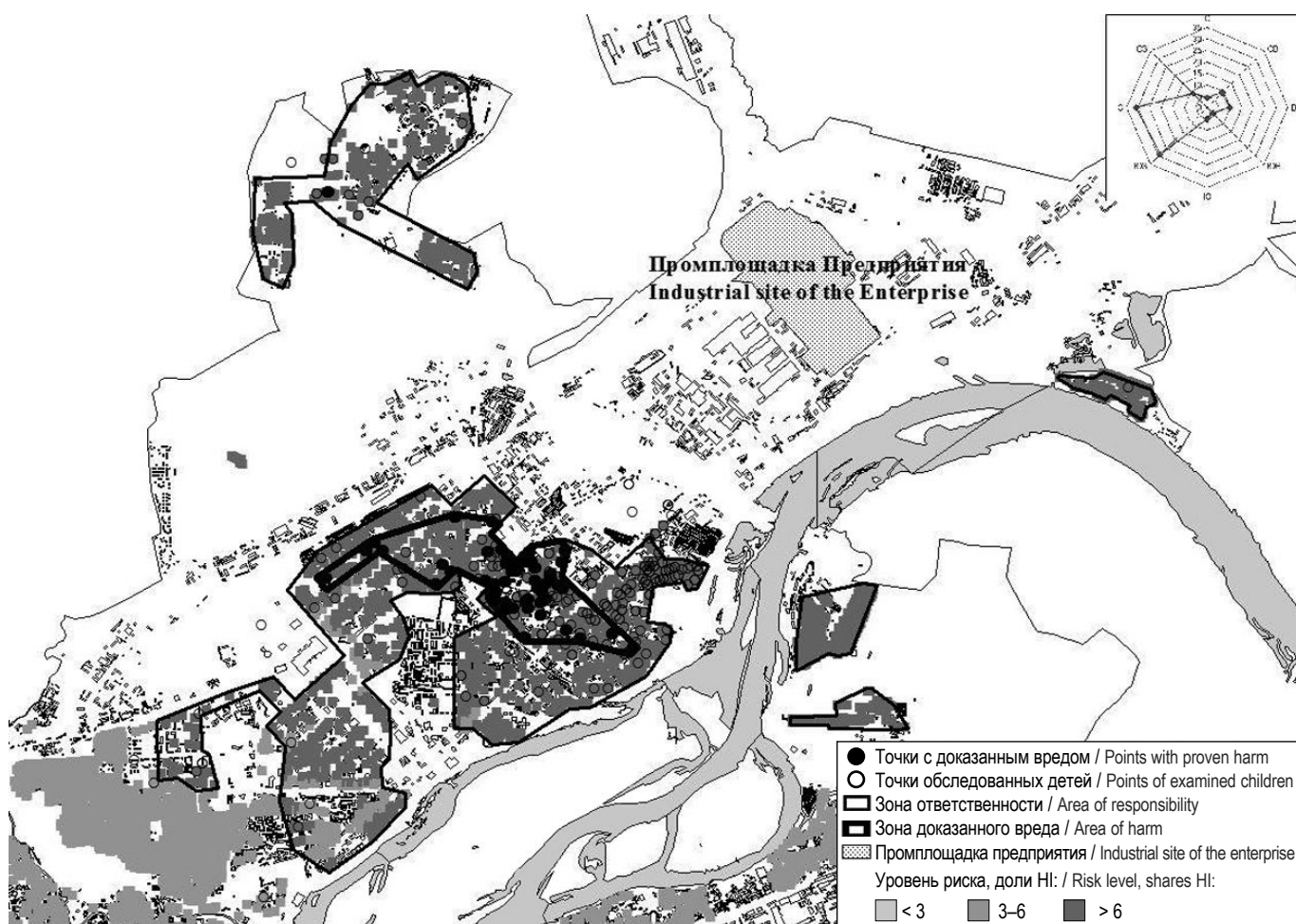


Рис. 2. Совмещение зоны доказанного причинения вреда с зоной пространственного распределения риска для здоровья.

Fig. 2. Overlapping of the zone of proven harm with the zone of spatial distribution of health risks.

чимость фактора для оценки опасности формирования патологии. Фактический индивидуальный уровень дополнительной болезненности составил два случая заболевания в год, в то время как прогнозный популяционный уровень составил 0,1 случая в год на одного ребёнка.

Выявленные фактически состоявшиеся случаи заболевания (реальный вред) и концентрации токсикантов в детерминирующих биосредах могут рассматриваться как индикаторы причинённого здоровью вреда, обусловленного нарушением обязательных требований. Сопоставительный анализ выявил факты недооценки рисков развития болезней системы кровообращения, мочевыделительной системы, кожи. Установлены факты агgravации рисков, обусловленных развитием болезней органов дыхания и системы крови (см. таблицу). Анализ результатов совмещения адресных точек проживания детей с причинённым вредом здоровью с пространственным распределением показателей неприемлемого риска на территории селитебной застройки (рис. 2) позволил выделить конкретную зону проживания детей с причинённым вредом здоровью. Территория зоны имеет определённую площадь, которая составила 2995,3 км² в отличие от площади 20 646,2 км², установленной в качестве зоны пространственного распространения расчётного риска). Зона характеризуется многоэтажной застройкой и высокой плотностью населения (8835,5 чел/км² при 5049,64 чел/км² в зоне расчётного риска). Зона, уточнённая по критериям причинённого вреда, значительно сокращена по площади и определена как территория наибольшего негативного воздействия на экспонированных лиц при нарушении обязательных требований.

Была уточнена целесообразность размещения точек наблюдения в зоне наибольших уровней суммарного риска, максимального воздействия и наибольшей плотности экспонируемого населения в отличие от существующего их расположения. В качестве репрезентативных минимально достаточных обосновано две точки размещения поста мониторинга вместо восьми существующих.

На основании уточнённых результатов оценки формализованного риска, обусловленного вероятным развитием болезней органов дыхания и системы крови, результатами причинения реального вреда здоровью экспонированных детей (конкретные патологии органов дыхания, системы крови с вовлечением иммунных механизмов, системы кровообращения, мочевыделительной системы и кожи) установлены значимые различия в получаемой информации. Это позволяет детализировать степень опасности существующей ситуации, что необходимо для совершенствования контрольно-надзорной деятельности, разработки адекватных и минимально достаточных адресных воздухоохраных и лечебно-профилактических мероприятий в целях митигации рисков и причинения вреда здоровью.

Обсуждение

Для объективизации и повышения надёжности гигиенического анализа взаимосвязей между воздействием факторов среды обитания и состоянием здоровья населения разработаны научно-методические подходы к идентификации приоритетных показателей. К ним относятся перечень приоритетных веществ, которые при несоблюдении

гигиенических нормативов содержания в объектах среды обитания обуславливают причинение вреда здоровью, и перечень приоритетных болезней (индикаторов причинения вреда), ассоциированных с нарушением обязательных требований санитарного законодательства. Обоснованные приоритеты подлежат первоочередному учёту, контролю и мониторингу на системном уровне [22]. Существенные расхождения, выявленные при сопоставительном анализе результатов оценок формализованного риска и реального вреда, позволили выделить наиболее информативные показатели и критерии, значительно расширяющие и уточняющие результаты оценки расчётного риска. Можно считать, что расчётная оценка риска обеспечивает первый этап репрезентативного анализа в системе «формализованный риск – доказанный реальный вред – адекватное управленческое решение». Оценка реального причинённого здоровью вреда позволяет объективизировать и уточнить перечень приоритетных (критических) веществ и негативных эффектов, подлежащих обязательному учёту и регулированию, в том числе при осуществлении государственного надзора [23].

Сформированная информационная база послужила научной основой разработанных методических подходов к совершенствованию государственного регулирования и контроля в части разработки адресных воздухоохраных мер, в том числе организационно-технологических, гигиенических мероприятий, реализуемых в ходе контрольно-надзорной деятельности, производственного контроля, социально-гигиенического мониторинга, а также повышению адресности медико-профилактических мероприятий, улучшению оценки эффективности комплекса мер и при необходимости их корректировки [12, 17, 20]. Так, в результате последовательного сопоставительного анализа приоритетных ранжированных перечней загрязняющих веществ и негативных эффектов, зон воздействия, причинно-следственных связей, установленных по критериям формализованного риска и причинённого вреда здоровью, обоснованы приоритетные вещества и виды болезней, требующие первоочередного государственного регулирования, в том числе в рамках плановой риск-ориентированной надзорной деятельности в отношении объектов контроля чрезвычайно высокой и высокой категории риска, деятельности социально-гигиенического мониторинга (СГМ) муниципального уровня. К приоритетным отнесены восемь веществ, которые необходимо систематически контролировать в атмосферном воздухе в репрезентативных точках (азота диоксид, серы диоксид, марганец, никель, алюминий, свинец, фториды твёрдые, формальдегид), вместо существующих пяти общераспространённых, что свидетельствует о необходимости расширения программ контроля. К приоритетным негативным эффектам, подлежащим обязательному учёту в дополнение к результатам оценки рисков и учёту заболеваемости по классам болезней в соответствии с государственной формой статистической отчётности «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации (форма № 12 (годовая))» отнесено 7 конкретных нозологических форм (астма аллергического генеза, аллергический ринит, хронический синусит, общий переменный иммунодефицит, нарушение сердечной деятельности, нефритический синдром, atopический дерматит) по пяти классам болезней вместо двух классов по результатам оценки рисков. Патоморфоз фактически состоявшихся случаев заболеваний этиопатогенетически связан с воздействием факторов причинения вреда. Для анализа причинно-следственных связей установлено 216 коэффициентов. Ключевыми звеньями, объединяющими механизм модифицирующего действия данных веществ, являются прямая и опосредованная цито- и иммунотоксичность в виде повышения интенсивности окислительных процессов и снижения активности гуморального иммунитета, обусловленная воздействием повышенного содержания в биосредах марганца, никеля, алюминия, свинца, формальдегида, присущая практически всем обоснованным приоритетным веществам.

Выделены регистрируемые в 2–4 раза чаще относительно группы сравнения ведущие риск-ассоциированные негативные эффекты, характеризующиеся общей сенсibilизацией и специфической гиперчувствительностью к марганцу, никелю, алюминию, свинцу, формальдегиду, фторидам. Следствием этого являются реакции воспалительно-лимфо-пролиферативного характера со стороны дыхательных путей, поддерживаемые раздражающим действием диоксидов азота и серы. Выявлено развитие нарушений внутрисердечной проводимости и воспалительных повреждений почечных клубочков при воздействии марганца, никеля, свинца, фторидов¹².

Обоснована оптимизация деятельности муниципальной системы СГМ по количеству минимально достаточных мониторинговых точек для контроля (две вместо пяти) и их пространственной локализации в репрезентативной зоне максимального воздействия. Конкретизирована программа инструментально-лабораторных исследований, порядок оценки причинно-следственных взаимосвязей риска и причинённого здоровью вреда.

Выявленные расхождения в виде фактов недооценки или аггравации рисков могут отражаться на выборе приоритетов при формировании стратегии митигации рисков для здоровья. Выделенный комплекс приоритетов (перечень загрязняющих веществ и их источников, негативных эффектов, идентифицированных как критические, репрезентативных зон наибольшего воздействия) стал научно обоснованным инструментом практической реализации дифференцированного обоснования наиболее результативных и эффективных мер для лиц, принимающих решения.

Практическая значимость заключается в научном обеспечении возможности построения системы учёта, контроля и мониторинга, оптимальной по следующим ключевым позициям: для риск-ориентированной системы контрольно-надзорной деятельности – совершенствование содержательной части проверок, наполнение программ инструментального и лабораторного сопровождения с учётом сформированного перечня критических нарушений и индикаторов риска нарушений обязательных требований; для муниципальной системы СГМ – совершенствование деятельности в части локализации зоны системных наблюдений, пространственного размещения и количества точек контроля, подлежащих учёту приоритетных воздействующих факторов и конкретных болезней, последовательность оценки причинно-следственных связей факторов риска и причинённого вреда здоровью [17]. Разработка лечебно-профилактических мероприятий с учётом профиля веществ, причиняющих вред, и доказанно связанных с ними негативных эффектов определяет адресность программных мероприятий.

Заключение

1. Разработанная методология сопоставительного анализа результатов оценки формализованного риска для здоровья и реального вреда, базирующаяся на доказательстве последовательных причинно-следственных связей в системе «нарушение обязательных требований – риск – причинённый реальный вред экспонированным лицам», позволяет:

- оценить степень реализации расчётных рисков развития болезней по фактам доказанного реального вреда и уточнить прогнозные оценки развития патологий, что исключает возможность недооценки или переоценки рисков для здоровья;
- уточнить восемь приоритетных веществ, по которым выявлены критические нарушения обязательных требований санитарного законодательства в отношении качества атмосферного воздуха (несоблюдение гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе оксидов азота (II), серы (IV), никеля (II), алюминия (III),

¹² Куценко С.А. Основы токсикологии. Издательство: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, С.-Пб., 2002. 395 с.

фторидов твёрдых, формальдегида, свинца), обуславливающие причинение вреда здоровью. Эти вещества подлежат обязательному регулированию посредством разработки или корректировки существующих мероприятий, направленных на снижение выбросов в атмосферный воздух, актуализации контроля и мониторинга;

- уточнить и конкретизировать перечень из семи фактически состоявшихся болезней, идентифицированных как причинённый реальный вред и отнесённых к критическим нарушениям (астма с преобладанием аллергического компонента, аллергический ринит, хронический синусит, общий вариабельный иммунодефицит, нарушение сердечной деятельности, нефритический синдром, atopический дерматит). Эти болезни имеют наиболее негативные последствия для здоровья экспонированных лиц, идентифицированы как индикаторы вреда здоровью, причинённого вследствие нарушений обязательных требований санитарного законодательства, и подлежат обязательному учёту;
- уточнить зону наибольшего воздействия на здоровье экспонированных лиц для оптимизации деятельности в рамках контроля и мониторинга;
- обосновать адекватный перечень патогенетически ориентированных адресных лечебно-профилактических мер снижения и профилактики негативных последствий реального вреда, причинённого экспонированным лицам.

2. Уточнённый комплекс приоритетов позволяет минимизировать избыточность и неэффективность регулирующих мер, в том числе необоснованные финансовые затраты на их реализацию в случае переоценки формализованных рисков и несоответствия их реальной санитарно-гигиенической и медико-демографической ситуации. При недооценке риска и недостаточной эффективности принимаемых мер (отсутствие положительной динамики) появляется возможность корректировать недостаточность запланированных и реализуемых мероприятий.

3. Приоритеты, выделенные по критериям причинённого реального вреда, явились основанием для принятия управленческих решений в области разработки или корректировки существующих планов мероприятий (организационных, технических, технологических, санитарно-гигиени-

ческих, медико-профилактических и др.), направленных на митигацию рисков и негативных последствий для здоровья:

- на уровне органов исполнительной власти с учётом перечня приоритетных веществ (азота диоксид, марганец, никель, фториды неорганические плохо растворимые, формальдегид, алюминий, свинец, серы диоксид) разработан комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города, а также план мероприятий, направленных на создание благоприятных условий для жизни и здоровья;
- для хозяйствующего субъекта оптимизированы подходы и даны рекомендации по квотированию выбросов на основе актуальных для предприятия индивидуализированных и долеговых оценок, исключающих избыточное регулирование выбросов и позволяющих обосновать только критически необходимые точки управления;
- органы Роспотребнадзора руководствовались перечнем приоритетных веществ для корректировки мероприятий действующего комплексного плана по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города при формировании государственного задания по планированию деятельности в части исследований качества атмосферного воздуха; для адекватного планирования контрольно-надзорной деятельности в части проверок, лабораторного сопровождения, формирования перечня критических нарушений обязательных требований; при актуализации деятельности СГМ в части выбора точек постов и программ мониторинга качества атмосферного воздуха, перечня лабораторных исследований; расширения области аккредитации за счёт совершенствования инструментальной базы, информировании населения о рисках для здоровья; при иницировании разработки программы медико-профилактических мер, дифференцированных по критериям причинённого вреда здоровью наиболее чувствительных групп населения (дети 4–7 лет) в зонах аэрогенного воздействия факторов риска.

4. Прагматическая эффективность применения выделенных приоритетов подтверждает повышение потенциала надёжности гигиенических оценок в системе государственного регулирования и контроля угроз санитарно-эпидемиологического характера для сбалансированной защиты охраняемых законом ценностей – жизни и здоровья граждан.

Литература

(п.п. 5, 6, 14–16, 21 см. References)

1. Попова А.Ю., Брагина И.В., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Митрохин О.В. и др. О научно-методическом обеспечении оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 5–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-5-9> <https://elibrary.ru/vveocj>
2. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения. *Анализ риска здоровью*. 2022; (3): 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01> <https://elibrary.ru/imrune>
3. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 23–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03> <https://elibrary.ru/wsouds>
4. 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> <https://elibrary.ru/mlcdpg>
7. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 4–15. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.01> <https://elibrary.ru/mqsgmx>
8. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86> <https://elibrary.ru/ywahhv>
9. Ключев Н.Н., Яковенко Л.М. «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018; 26(2): 237–50. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250> <https://elibrary.ru/voddoe>
10. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Никонов Б.И., Малых О.Л., Ярушин С.В. и др. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(12): 1130–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136> <https://elibrary.ru/yqxmnn>
11. Май И.В., Козоулина А.А., Балашов С.Ю. К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух». *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(11): 931–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936> <https://elibrary.ru/lxsfch>
12. Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю., Камалтдинов М.Р., Атисова Н.Г., Недошитова А.В. и др. Анализ причинно-следственных связей уровней биологических маркеров экспозиции тяжелых металлов с их персонализированной дозой нагрузки в зоне влияния отходов крупного металлургического комбината. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 29–35. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-29-35> <https://elibrary.ru/ygfbhl>
13. Тихонова И.В., Землянова М.А. Актуализация системы социально-гигиенического мониторинга на основе анализа рисков здоровью (муниципальный уровень). *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 60–8. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.06> <https://elibrary.ru/vffgwd>
17. Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Горяев Д.В. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и

- направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации. *Анализ риска здоровью*. 2022; (4): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.4.01>
18. Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников Федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvwle>
19. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Май И.В., Алексеев В.Б., Трусов П.В., Хрущева Е.В. и др. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохранных мероприятий. *Анализ риска здоровью*. 2020; (1): 25–37. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.03> <https://elibrary.ru/cueyva>
20. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Чашин В.П., Гудков А.Б. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях. *Экология человека*. 2019; (9): 4–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-9-4-14> <https://elibrary.ru/wswnj>
22. 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 – ЗНУСО*. 2021; (1): 4–15. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15> <https://elibrary.ru/kdjfsy>
23. Плаксин С.М., Абузярова И.А., Алимпеев Д.Р., Казикаев В.Д., Кашанин А.В., Кнотов А.В. и др. *Контрольно-надзорная и разрешительная деятельность в Российской Федерации. Вектор развития до 2030 года. Аналитический доклад – 2023*. М.; 2024.

References

1. Popova A.Yu., Bragina I.V., Zaitseva N.V., Mai I.V., Shur P.Z., Mitrokhin O.V., et al. On the scientific and methodological support of the assessment of the performance and effectiveness of the control and supervision activity of the federal service for surveillance on consumer rights protection and human wellbeing. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(1): 5–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-5-9> <https://elibrary.ru/vveocj> (in Russian)
2. Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., Mai I.V., Shur P.Z. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Анализ риска здоровью*. 2022; (3): 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01> <https://elibrary.ru/nacyif>
3. Rakitskii V.N., Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 23–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03> <https://elibrary.ru/nnfkzx>
4. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., Mai I.V. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “Pure air” federal project. *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 4–13. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01> <https://elibrary.ru/ohxjbx>
5. WHO. Global Health Observatory (GHO) data. Available at: https://who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/
6. Centers for Disease Control and Prevention. National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals: National Biomonitoring Program; 2019. Available at: <https://cdc.gov/exposurereport>
7. Zaitseva N.V., Mai I.V. New mechanisms for regulation of industrial emissions into the atmosphere: a conceptual look at prospects and problems from sanitary-epidemiological point of view. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 4–15. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.01> <https://elibrary.ru/ozqfkl>
8. Karelina A.O., Lomtev A.Yu., Volkodava M.V., Eremin G.B. The improvement of approaches to the assessment of effects of the anthropogenic air pollution on the population in order to management the risk for health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86> <https://elibrary.ru/ywvhhv> (in Russian)
9. Klyuev N.N., Yakovenko L.M. “Dirty” cities in Russia: factors determining air pollution. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018; 26(2): 237–50. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250> <https://elibrary.ru/voddoe> (in Russian)
10. Kuz'min S.V., Gurvich V.B., Dikonskaya O.V., Nikonov B.I., Malykh O.L., Yarushin S.V., et al. Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(12): 1130–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1130-1136> <https://elibrary.ru/yqxmnn> (in Russian)
11. Mai I.V., Kokoulina A.A., Balashov S.Yu. On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the federal project “Clean air”. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(11): 931–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936> <https://elibrary.ru/lxsfch> (in Russian)
12. Klein S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu., Kamaltdinov M.R., Atiskova N.G., Nedoshitova A.V., 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 (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(1): 29–35. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-29-35> <https://elibrary.ru/ygfbhl> (in Russian)
13. Tikhonova I.V., Zemlyanova M.A. Social-hygienic monitoring system updating based on health risk analysis (at the municipal level). *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 60–8. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.06> <https://elibrary.ru/quiubd> (in Russian)
14. Considerations for assessing the risks of combined exposure to multiple chemicals: Series on testing and assessment № 296 / OECD. Environment, Health and Safety, Division, Environment Directorate. Paris; 2018.
15. EPA. Concepts, Methods, and Data Sources For Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document (Final Report, 2008). Available at: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=190187>
16. Meek M.E., Boobis A.R., Crofton K.M., Heinemeyer G., Raaij M.V., Vickers C. Risk assessment of combined exposure to multiple chemicals: A WHO/IPCS framework. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2011. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2011.03.010>
17. Zaitseva N.V., Mai I.V., Kir'yanov D.A., Goryaev D.V. Scientific substantiation of priority chemicals, objects for setting quotas and trends in mitigating airborne public health risks within activities performed by the sanitary service of the Russian Federation. *Анализ риска здоровью*. 2022; (4): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.4.01> <https://elibrary.ru/ryoskh>
18. Zaitseva N.V., Mai I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the ‘Clean air’ Federal project. *Анализ риска здоровью*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/daavqx>
19. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Mai I.V., Alekseev V.B., Trusov P.V., Khrushcheva E.V., et al. Efficiency of health risk mitigation: complex assessment based on fuzzy sets theory and applied in planning activities aimed at ambient air protection. *Анализ риска здоровью*. 2020; (1): 25–37. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.03> <https://elibrary.ru/vamexc> (in Russian)
20. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Chashchin V.P., Gudkov A.B. Scientific principles of use of biomarkers in medico-ecological studies (review). *Ekologiya cheloveka*. 2019; (9): 4–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-9-4-14> <https://elibrary.ru/wswnj> (in Russian)
21. INCHEM. Biomarkers in Risk Assessment: Validity and Validation (Environmental health criteria; 222). WHO International Programme on Chemical Safety; 2001. Available at: <https://incchem.org/documents/ehc/ehc/ehc222.htm>
22. Zaitseva N.V., Zhdanova-Zaplevichko I.G., Zemlyanova M.A., Perezhogin A.N., Savinykh D.F. 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 – ZNiSO*. 2021; (1): 4–15. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15> <https://elibrary.ru/kdjfsy> (in Russian)
23. Plaksin S.M., Abuzyarova I.A., Alimpeev D.R., Kazikaev V.D., Khashanin A.V., Knutov A.V., et al. *Control, Supervision and Licensing Activities in the Russian Federation. Development Vector until 2030. Analytical Report – 2023 [Kontrol'no-nadzornaya i razreshitel'naya deyatel'nost' v Rossiiskoi Federatsii. Vektor razvitiya do 2030 goda. Analiticheskiy doklad – 2023]*. Moscow; 2024. (in Russian)

Информация об авторах

Зайцева Нина Владимировна, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь, Россия. E-mail: znv@fcrisk.ru

Землянова Марина Александровна, доктор мед. наук, профессор зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: zem@fcrisk.ru

Кольдибекова Юлия Вячеславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. с выполнением обязанностей зав. лаб. метаболизма и фармакокинетики отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: koldibekova@fcrisk.ru

Information about the authors

Nina V. Zaitseva, MD, PhD, DSci., Professor, Academician of the RAS, Scientific Director of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation; Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145> E-mail: znv@fcrisk.ru

Marina A. Zemlyanova, MD, PhD, DSci., Professor, Head of the Department of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8013-9613> E-mail: zem@fcrisk.ru

Juliya V. Koldibekova, MD, PhD, senior researcher with the duties of head of the Laboratory of metabolism and pharmacokinetics of the Department of biochemical and cytogenetic diagnostic methods of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3924-4526> E-mail: koldibekova@fcrisk.ru