

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

УДК 504.064: 614.7

DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.01

Читать
онлайн



МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ТОЧЕК И ПРОГРАММ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАМКАХ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ЗАДАЧ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЧИСТЫЙ ВОЗДУХ»

Н.В. Зайцева¹, И.В. Май¹, С.В. Клейн¹, Д.В. Горяев²

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, 61404, Россия, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

²Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю, Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Каратанова, 21

Основной задачей, поставленной федеральным проектом «Чистый воздух» национального проекта «Экология», является существенное улучшение качества атмосферного воздуха городов, в которых проблемы загрязнения воздуха и ассоциированных с ним рисков для здоровья жителей стоят наиболее остро. Меры по изменению ситуации в этих городах поддержаны существующими государственными инвестициями. Результаты систематических инструментальных измерений в рамках государственных систем экологического и социально-гигиенического мониторинга рассматриваются как наиболее информативная и надежная база для оценки результативности и эффективности воздухоохраных мероприятий проекта. Цель исследования заключалась в разработке и апробации на конкретных примерах методических подходов к обоснованию точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга с учетом сложившейся сети экологического мониторинга. В качестве объектов для отработки подходов были рассмотрены два города из списка приоритетных: Красноярск и Чита. На территориях ведутся системные наблюдения. Имеются данные о составе выбросов всех основных источников загрязнения. В Красноярске сформирована сводная база данных параметров источников выбросов, в г. Чите такая база на момент разработки подходов отсутствовала. С учетом наличия исходных данных предложены алгоритмы формирования системы точек для размещения постов наблюдения и формирования программ мониторинга. Основным критерием для формирования системы наблюдений в рамках социально-гигиенического мониторинга выбраны показатели опасности и рисков для здоровья населения. Показано, что данные с постов экологического мониторинга без изменения локации последних могут быть использованы для решения задач оценки, прогнозирования рисков для здоровья и анализа эффективности принимаемых мер при условии дополнения программ исследований показателями, приоритетными по критериям опасности и рисков для здоровья человека. Для систем социально-гигиенического мониторинга предложены подходы к выбору точек и программ собственных исследований. Подходы предполагают зонирование территории городов по показателям потенциальной опасности (при отсутствии расчетов рассеивания) или уровней риска для здоровья (при наличии расчетов рассеивания); обоснование перечня приоритетных примесей с учетом критериев канцерогенной и/или неканцерогенной опасности и рисков, результатов ранее выполненных инструментальных исследований и выделения показателей маркерных (индикаторных) для выбросов предприятий, вносящих наибольшие вклады в загрязнение воздуха.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, социально-гигиенический мониторинг, посты и программы наблюдения, риск для здоровья.

Достижение нормативного качества атмосферного воздуха в промышленных городах много лет было и остается одной из важнейших соци-

альных, экологических и санитарно-гигиенических задач во всем мире, включая Российскую Федерацию [1–6].

© Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В., 2019

Зайцева Нина Владимировна – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель (e-mail: znv@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 233-11-25; ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2356-1145>).

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

Клейн Светлана Владиславовна – доктор медицинских наук, заведующий отделом системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Горяев Дмитрий Владимирович – кандидат медицинских наук, руководитель (e-mail: goryaev_dv@24.rospotrebnadzor.ru; тел.: 8(391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

Федеральным проектом «Чистый воздух» в рамках национального проекта «Экология» определены приоритетные территории, на которых проблемы загрязнения воздуха и потенциальных рисков для здоровья жителей стоят наиболее остро¹. Именно на примере этих городов должны быть отработаны подходы к оптимальному планированию и реализации воздухоохраных мероприятий; достигнуто кардинальное улучшение ситуации и минимизированы угрозы для жизни и здоровья горожан, связанные с аэрогенными факторами внешней среды. Если эти подходы будут признаны эффективными, они могут быть тиражированы на другие территории страны и на более длительные периоды планирования.

Цель проекта «Чистый воздух» сформулирована как общее снижение валового выброса на приоритетных территориях на 20 %. Величина, несомненно, отражает потенциал улучшения экологической и санитарно-эпидемиологической ситуации. Вместе с тем реальное повышение качества атмосферного воздуха на территории зависит не только от снижаемой массы выброса, но и от пространственного расположения источников выбросов, селитебных, рекреационных и иных нормируемых зон, от параметров выбросов (высоты, температуры, линейной скорости и пр.). Крайне важным является и компонентный состав сокращаемых выбросов.

Наиболее информативным и надежным источником оценки результативности и эффективности воздухоохраных мероприятий проекта станут результаты систематических инструментальных измерений, проводимых в рамках экологического, социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля самих хозяйствующих субъектов. Каждый из указанных видов наблюдений имеет свои задачи и принцип выбора точек и программ наблюдений. Так, основной целью экологического мониторинга является наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы, обусловленного хозяйственной деятельностью и метеорологическими условиями, и прогноз ожидаемых изменений качества воздуха за длительный период². Производственный контроль имеет целью регистрацию соблюдения или нарушения установленных требований безопасности в результате деятельности хозяйствующего субъекта [7, 8]. И только социально-гигиенический мониторинг (СГМ) определяет в качестве основной цели оценку, выявление изменений и прогноз состояния здоровья населения под воздействием факторов среды обитания³. То есть во главу угла ставится не просто уровень содержания того или иного компонента

(примеси, вещества) в воздухе, а показатель состояния здоровья, ассоциированный с этим уровнем.

В связи с этим программы оценки качества воздуха в рамках СГМ должны быть ориентированы на те примеси, которые потенциально представляют наибольшую угрозу для жизни и здоровья человека при кратковременном и/или длительном воздействии, регистрируются в воздухе мест постоянного проживания населения и формируют риски суммации или усиления (синергизма) негативного эффекта для здоровья человека при одновременном присутствии с целым рядом иных примесей [9–11]. Последнее очень существенно для городов с развитой промышленностью в силу значительного перечня веществ, выбрасываемых с пылегазовоздушными смесями. К примеру, выбросы предприятий г. Нижнекамска (республика Татарстан) содержат около 320 отдельных веществ и групп примесей, г. Норильска (Красноярский край) – порядка 70; г. Губахи (Пермский край) – более 60 примесей и т.п. Непростой задачей является и выбор мест отбора проб, которые должны быть репрезентативными в условиях довольно значительных территорий городов и большой численности населения, проживающего в условиях разной экспозиции.

Таким образом, выбор оптимального перечня измеряемых показателей и числа и мест размещения точек отбора проб становится серьезной научной задачей.

Следует отметить, что сформированная еще в 60-х гг. прошлого столетия система государственного экологического мониторинга имеет единый строгий порядок, определяющий размещение, количество постов наблюдений, а также программы и сроки наблюдений. Этот порядок закреплен «Руководством по контролю загрязнения атмосферы»⁴ и соблюдается всеми структурными подразделениями уполномоченного органа – Росгидромета. По рекомендациям указанного документа (см. раздел п. 2.2. «Размещение и количество постов наблюдения») «... посты следует устанавливать в первую очередь в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения, затем в административном центре населенного пункта и в жилых районах с различными типами жилой застройки, а также в парках, зонах отдыха...». В программу мониторинга включаются примеси, отобранные по критериям параметра потребления воздуха (ППВ) (см. раздел 2.4 «Определение перечня примесей, подлежащих контролю») с учетом классов опасности веществ. На опорных постах экологического

¹ Паспорт национального проекта «Экология» / утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол № 16 от 24.12.2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_316096/ (дата обращения: 12.08.2019).

² См. раздел 1 Р 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 693 с.

³ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. (ред. от 26.07.2019). – Статья 45. Социально-гигиенический мониторинг [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481 (дата обращения: 14.06.2019).

⁴ См. разделы 2.2–2.4 Р 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 693 с.

мониторинга обязательным является и определение общераспространенных примесей: пыли, диоксида серы, оксида углерода и диоксида азота. Предполагается, что программы должны обеспечивать не менее 200 наблюдений за концентрацией каждой примеси.

Выбор точек инструментальных исследований при производственном контроле определяется границей санитарно-защитной зоны и/или точками ближайшего жилья [12–14].

Единообразный и четкий порядок выбора точек и формирования программ мониторинга качества воздуха в рамках СГМ нормативно не закреплен. Инструктивное письмо 2006 г.⁵ определяет принципы выбора мест измерений, которые близки тем, что установлены Росгидрометом: «...стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды населенного пункта промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий их рассеивания. Стационарные и маршрутные посты размещаются в жилых районах с различным типом застройки... Размещение постов определяется с учетом наибольшей плотности и численности населения, размещения промышленных зон, сети магистралей... Для оценки приоритетности загрязняющих веществ должен быть выполнен сбор информации и созданы необходимые базы данных...». Что включает в себя предварительное исследование, на какую информацию следует ориентироваться для оценки приоритетности – остается за рамками инструктивного письма.

Вместе с тем задачи научного обоснования точек и программ наблюдений за качеством атмосферного воздуха решаются многими исследователями. С появлением автоматизированных программ расчетов рассеивания выбросов пространственный анализ полей концентраций стал одним из важнейших инструментов совершенствования системы выбора точек и примесей для контроля [15, 16]. Еще больше результаты рассеивания стали востребованы с внедрением в практику геоинформационных систем [17, 18]. Однако расчеты рассеивания, по мнению ряда авторов, требуют верификации результатов данными автоматизированных систем непрерывного контроля и учета выбросов и/или инструментальными исследованиями [19] и далеко не всегда могут являться единственной основой для формирования программ наблюдения [20]. А распространение методологии оценки рисков для здоровья при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания человека, ориентация на такие критерии безопасности, как референтные уровни при кратковременном и хроническом воздействии, привело к пони-

манию того, что программы мониторинга могут и должны строиться с учетом потенциальных угроз для человека [20–22]. При этом механизм выбора приоритетов должен быть более сложным, чем расчет величин ППВ.

Осознание сложности проблемы привело многих исследователей к пониманию актуальности интеграции разных систем мониторинга. Так, в работах П.В. Рослякова с соавт. [23, 24] описаны подходы к сопряжению результатов производственного автоматического контроля выбросов теплоэлектростанции (ТЭС) с результатами мониторинга качества атмосферного воздуха в районе воздействия источника и расчетами рассеивания примесей от трубы ТЭС. В.А. Даренских [25] указывает на актуальность единого комплексного подхода при организации государственного надзора и производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха. Е.А. Овчинникова с соавт. [26] указывают на необходимость сопряжения социально-гигиенического мониторинга и санитарно-эпидемиологического контроля в области охраны атмосферного воздуха. В монографии, выполненной под редакцией Г.Г. Онищенко [27], есть положения о сопряжении систем экологического и социально-гигиенического мониторинга.

Однако нормативно-методической базы такой интеграции до настоящего времени крайне недостаточно. Вместе с тем задачи, поставленные федеральным проектом, сформировали на сегодня высокую потребность в такой интеграции и создали предпосылки ее реализации на приоритетных территориях.

Цель настоящего исследования – предложить и апробировать на конкретных примерах подходы к обоснованию точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга с учетом сложившейся сети экологического мониторинга.

Материалы и методы. В качестве объектов для отработки подходов были рассмотрены два города из списка приоритетных: Красноярск и Чита – территории с различными численностью населения, структурой промышленности, структурой выбросов в атмосферу, однако близкие по климатогеографическим условиям и уровню напряженности санитарно-эпидемиологической ситуации в части качества атмосферного воздуха. Обе территории расположены в зонах локализации устойчивого высотного Сибирского антициклона с нисходящими потоками, не дающими рассеиваться загрязнениям; малого количества осадков, очищающих атмосферу; длительного отопительного сезона; преимущественно угольно-мазутной энергетики, причем часто использующей высокозольные бурые угли; специализации на добывающей и тяжелой индустрии [28].

⁵ Об организации лабораторного контроля при проведении социально-гигиенического мониторинга: Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 0100/10460-06-32 от 01.10.2006 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://50.rospotrebnadzor.ru/293/-/asset_publisher/U8Fg/content/письмо-от-02-10-2006-№-0100-10460-06-32 (дата обращения: 01.08.2019).

Красноярск: население – 1,09 тысячи человек, площадь – 353,9 км². Основные отрасли промышленности: металлургия, машиностроение, металлообработка, химическая, производство строительных материалов и пр. Валовый выброс в атмосферу составляет около 145 тысяч тонн в год. Перечень примесей включает более 270 видов химических веществ (или суммарно учитываемых групп соединений). На восьми стационарных постах сети управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета (УГМС) ведутся наблюдения за 19 примесями, в системе СГМ на 11 маршрутных постах – порядка 25 примесей (в разные годы перечни примесей несколько отличны). Имеются пять постов наблюдения системы регионального мониторинга (21 контролируемая примесь). Хозяйствующие субъекты ведут производственный контроль в 31 точке⁶. Превышения разовых и/или среднесуточных ПДК на территории города регистрируются по пыли, оксиду серы и диоксиду азота, гидрофториду, хлористым соединениям и пр. В 2018 г. в атмосферном воздухе г. Красноярска зафиксировано 23 случая превышения 10 ПДК_{сс} по бенз(а)пирену. Уровень загрязнения воздуха по критериям, принятым в Росгидромете (комплексный индекс загрязнения атмосферы ИЗА5 > 14), характеризуется как очень высокий.

Чита: население порядка 350 тысяч человек. Площадь – 534 км², ведущие отрасли промышленности: энергетика, машиностроение, производство строительных материалов, продуктов питания. Город является крупным железнодорожным узлом. Общая масса выброса в атмосферный воздух порядка 53–60 тысяч тонн ежегодно. Пять стационарных постов мониторинга государственной сети Росгидромета систематически ведут наблюдения за уровнем 12 примесей. На постах регистрируются превышения гигиенических нормативов по взвешенным веществам (пыли), сероводороду, бенз(а)пирену (до 10 ПДК и более).

В Красноярске сформирована сводная база данных параметров источников выбросов, включающая источники выбросов частных домохозяйств, не имеющих систем централизованного теплоснабжения, и учитывающая выбросы автотранспорта. В г. Чите такая база на момент разработки подходов отсутствовала. Территории рассматривались как платформы для отработки подходов при двух вариантах объемов исходной информации.

Использованы материалы, подготовленные регионами в рамках обоснования комплексных планов по снижению выбросов загрязняющих веществ

в атмосферный воздух и данные, предоставленные территориальными управлениями Роспотребнадзора по Красноярскому и Забайкальскому краю.

Были проанализированы данные о фактических выбросах промышленных предприятий Красноярска и Читы за 2014–2018 гг. (формы статистической отчетности 2-ТП (воздух) по промышленным предприятиям), данные об интенсивности транспортных потоков по основным магистралям городов. Рассмотрены среднегодовые концентрации каждой примеси на каждом посту мониторинга, максимальные из разовых концентраций и разовые концентрации 95%-ной обеспеченности независимо от ведомственной принадлежности поста.

В части результатов сводных расчетов по городу принимали во внимание только те, которые были выполнены с использованием стандартизованных методов и унифицированных программных средств (УПРЗА «Эколог» или «Эколог-город»). При разработке методики опирались на векторные карты территорий (использовали геоинформационную систему ARCGIS 9.3.1), на которые отдельными тематическими слоями были нанесены селитебные территории, улично-дорожная сеть и промышленные площадки. Все точки мониторинга были геокодированы и нанесены на карты.

Данные о типичных для территории метеорологических параметрах, в том числе о среднегодовой розе ветров, получали из официальных открытых источников⁷.

При разработке подходов руководствовались представлением о том, что результаты инструментальных исследований атмосферного воздуха должны обеспечивать возможность решения основных задач, возложенных на систему социально-гигиенического мониторинга на текущий момент⁸, в том числе:

- информационную поддержку гигиенических оценок (диагностики) состояния среды обитания;
- выявление причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания человека на основе системного анализа и оценки риска для здоровья населения;
- подготовку предложений по принятию необходимых мер по устранению выявленных вредных воздействий факторов среды обитания человека;
- выявление индикаторов риска нарушения обязательных требований в ходе мероприятий по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями⁹.

⁶ О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. – URL: http://mpr.krskstate.ru/dat/File/3/svodnyui_doklad.pdf (дата обращения: 01.08.2019).

⁷ Каталог открытой геоинформации [Электронный ресурс]. – URL: <http://opengeodata.ru> (дата обращения: 10.08.2019).

⁸ Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга: Постановление Правительства Российской Федерации № 60 от 2 февраля 2006 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2006/02/17/monitoring-dok.html> (дата обращения: 10.08.2019).

⁹ О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федеральный закон № 294-ФЗ от 26.12.2008 г. (ред. от 02.08.2019). – Статья 8.3. [Электронный ресурс]. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079 (дата обращения: 05.08.2019).

Исходили из рекомендаций ВОЗ о том, что решение задач гигиенических оценок, включая оценку риска, достигается размещением мест отбора проб (постов наблюдений) как в зонах жилой застройки с наибольшими уровнями загрязнения, так и в зонах с наиболее типичными (средними для города) уровнями содержания примесей в атмосфере. Установление причинно-следственных связей требует наличия дополнительных точек в зонах с наименьшими концентрациями для получения, необходимых для корректного построения моделей связи «концентрация (доза) – ответ (эффект)» [29, 30]. Задачи по обоснованию и оценке эффективности воздухоохраных мероприятий и использованию социально-гигиенического мониторинга как мероприятия по контролю без взаимодействия с юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями требуют размещения точек наблюдений, максимально ориентированных на зоны воздействия конкретных источников загрязнения, на которых реализуются эти мероприятия.

Многомерность задач, высокая стоимость инструментальных исследований при ограниченности кадровых, финансовых и иных ресурсов диктовали ориентацию на интеграцию систем наблюдения за качеством воздуха – экологического, социально-гигиенического мониторинга и производственного контроля – при приоритете интересов жизни и здоровья населения. Расчеты рассеивания рассматривали как элемент общей системы выбора приоритетов.

Предполагали, что система выбора точек и программ мониторинга должна носить динамический характер и подлежать пересмотру и развитию на основе как расчетных данных, так и результатов исследований за определенный период.

Результаты и их обсуждение.

Для территорий, где отсутствуют результаты сводных расчетов, предложен следующий алгоритм обоснования выбора постов и программ мониторинга качества атмосферного воздуха

1. Формируется векторная карта города, на которую нанесены промышленные площадки, селитебные территории и все имеющиеся посты наблюдения за качеством воздуха. Атрибутивная база промышленных площадок содержит данные о фактических и допустимых выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Слой селитебных территорий содержит информацию о плотности населения в разных зонах города.

2. Все селитебные территории покрываются регулярной сеткой. Шаг сетки определяется общей площадью территории и вычислительными возможностями разработчиков. При апробации подходов

рассматривали сетки с шагом 200×200 м и 400×400 м. Частая сетка обеспечивает максимально обоснованные выводы, однако и шаг сетки 400×400 м показал удовлетворительный для анализа результат. Более крупная регулярная сетка представляется нецелесообразной, поскольку приземные концентрации в зонах влияния низких и средних по высоте источников выбросов изменяются по мере удаления от источника достаточно существенно, и крупная сетка может «пропустить» высокие концентрации примеси.

3. В соответствии с п. 4.7. Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» для каждого хозяйствующего субъекта – источника выбросов загрязняющих веществ – выполнялся расчет индексов сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности по всем веществам.

3.1. Рассчитывается суммарный индекс канцерогенной (K_i^k) и неканцерогенной (K_i^n) опасности для предприятия (хозяйствующего субъекта в целом) по формуле (1)

$$K_i = \sum_{n=1}^N E_j \cdot TW_j, \quad (1)$$

где E_j – величина условной экспозиции, формируемой j -й примесью, т/год; TW_j – весовой коэффициент влияния на здоровье, принимаемый при расчете коэффициентов канцерогенной или неканцерогенной опасности в соответствии с таблицами 4.7 и 4.8 Р 2.1.10.1920–04¹⁰; T – число примесей, выбрасываемых хозяйствующим субъектом

3.2. Каждое предприятие характеризуется коэффициентом, который представляет собой нормированный коэффициент «опасности» (K_i), учитывающий коэффициенты канцерогенной и неканцерогенной опасности

$$K_i^H = \frac{K_i}{K_{\max}}, \quad K_i^K = \frac{K_i}{K_{\max}}, \quad K_i = K_i^H + K_i^K, \quad (2)$$

где i – номер предприятия.

4. Геометрический центр каждой промышленной площадки соединяется с центральной точкой каждого квадрата расчетной сетки прямой линией (вектором L) (векторы не строятся при удалении точки от хозяйствующего субъекта более чем на 20 км).

5. Направление каждого вектора соотносится с векторами розы ветров. Вектору присваивается коэффициент, характеризующий повторяемость ветра соседних с ним румбов розы ветров, по формуле (3):

¹⁰ См. раздел 4.7 Р. 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.; Численностью населения при расчете пренебрегали, принимая во внимание, что каждое предприятие может оказывать влияние на город в целом, при этом ослабление влияния учитывается через вектор удаленности объекта от расчетной ячейки сетки.

$$V = \frac{(g - g_1)}{(g_2 - g_1)}(v_2 - v_1) - v_1, \quad (3)$$

где g – направление вектора, град; g_1, g_2 – направление векторов соседних румбов, град; v_1, v_2 – повторяемость ветра соседних румбов.

$$\text{Коэффициент} - L_{im} = \frac{1}{R_{im}} V_{im},$$

где m – номер квадрата расчетной сетки.

6. Каждый квадрат расчетной сетки характеризуется суммарным коэффициентом опасности (S_j), который учитывает потенциальные воздействия хозяйствующих субъектов территории:

$$S_m = \sum_i K_i \cdot L_{im}. \quad (4)$$

7. Оценивается соответствие расположения уже функционирующих постов локализации зон разной опасности на территории и структуры химических факторов, формирующих эту опасность, уже реализуемых программ факторам опасности на территории.

8. На основании полученного анализа разрабатываются рекомендации по оптимизации системы мониторинга качества воздуха с учетом следующих аспектов:

– сеть точек мониторинга должна позволять оценивать риски не менее чем для 95 % населения территории;

– сеть должна быть оптимально плотной и распределенной по территории с учетом того, что репрезентативность инструментальных наблюдений снижается по мере удаления от поста¹¹;

– программа наблюдений должна включать все примеси, которые потенциально могут формировать неприемлемые риски для здоровья человека или вносить в этот риск значительный вклад (от 10 до 100 %);

– программа может включать в себя вещества, маркерные (индикаторные) для предприятий с максимальными объемами выбросов и уровнем опасности по рассчитанным критериям K_i .

Апробация подхода на примере Читы показала:

– уровень потенциальной опасности для населения города, формируемый выбросами промышленных предприятий, неоднороден (рис. 1);

– посты мониторинга сети УГМС могут рассматриваться как часть общей сети без изменения их локации;

– обоснованным с учетом критериев риска для здоровья населения и последующей оценки эффективности мероприятий проекта «Чистый воздух» является дополнение сети как минимум двумя точками наблюдений – в северо-западной и восточной части селитебной территории (условные номера квадратов расчетной сетки на рисунке 925 и 434);

– приоритетными по критериям опасности для здоровья населения в городе являются выбросы серы диоксида, пыли, оксидов азота, соединений марганца, оксида углерода, бенз(а)пирена и сажи; фтористых соединения и углеводородов (табл. 1).

Из приоритетных примесей практически все, кроме марганца, входят в программы уже реализуемых мониторинговых наблюдений. Марганец рекомендовано включить как дополнительный компонент в программы мониторинга. Кроме того, реко-

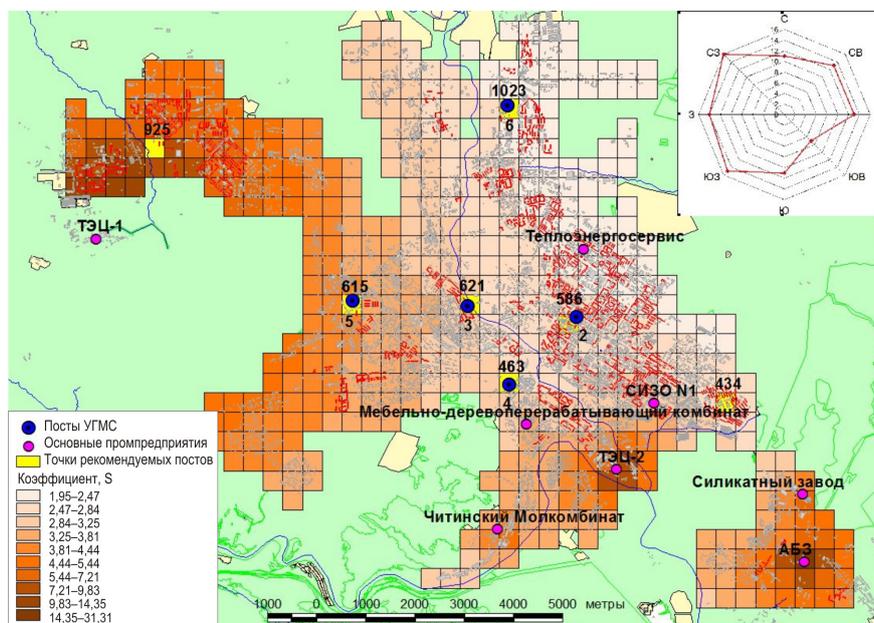


Рис. 1. Карта пространственного распределения сравнительного индекса опасности для здоровья человека по г.Чите, формируемого выбросами стационарных источников

¹¹ См. раздел 3.4.2 Р 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 693 с.

Ранжирование примесей по величине суммарных показателей опасности химических примесей компонентов выбросов промышленных предприятий г.Читы (по данным на 2018 г.) (фрагмент)

Химическое соединение	Суммарный в целом для города коэффициент опасности примеси	
	неканцерогенный	канцерогенный
Серы диоксид (ангидрид сернистый)	1274 408,2	–
Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	824 033,1	–
Пыль (сумма пылей разного химического состава)	756 791,7	–
Углерод (сажа)	461 279,6	461 307,1
Азота диоксид	457 863,2	–
Азот (II) оксид	75 592,5	–
Марганец и его соединения	3902,57	–
Углерода оксид	2397,23	–
Диметилбензол (ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	1026,51	–
Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	220,00	22,0
Уайт-спирит	40,58	–
Фтористые соединения плохо растворимые	31,01	–
Фтористые газообразные соединения	18,68	–
Углеводороды предельные C12–C19	18,49	–
Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	14,98	–
Дигидросульфид (сероводород)	3,73	–
Формальдегид	2,72	0,272

мендовано измерение на всех постах не только суммы пылей (взвешенных частиц), но и мелкодисперсных фракций PM₁₀, PM_{2,5} как наиболее опасных для здоровья человека [31, 32]

Для территорий, где имеются результаты сводных расчетов рассеивания выбросов, в целом по городу предложен следующий алгоритм обоснования выбора точек постов и программ мониторинга качества атмосферного воздуха

1. Формируется база данных, в которой каждая расчетная точка на территории характеризуется совокупностью концентраций N ингредиентов. База данных представляет собой матрицу, построенную на базе выходных файлов результатов расчета.

2. На основе полученных данных в каждой расчетной точке сетки вычисляют параметры канцерогенного и острого и хронического неканцерогенного риска с использованием стандартных процедур¹²:

– коэффициенты опасности острого неканцерогенного воздействия (HQ_{ac}) для приоритетных химических веществ, обладающих научно доказанной потенциальной способностью оказывать острое негативное влияние на организм человека, с использованием максимальных разовых концентраций изучаемых веществ;

– коэффициенты опасности хронического неканцерогенного воздействия (HQ_{cr}) для приоритетных химических веществ, обладающих научно доказанной потенциальной способностью оказывать хроническое негативное влияние на организм человека, с использованием среднегодовых концентраций изучаемых веществ;

– индивидуальный канцерогенный риск (CR) для приоритетных химических веществ канцерогенного спектра действия.

3. Для задач зонирования территории города по критериям риска для здоровья населения проводят процедуру кластерного анализа с использованием стандартных методов, которые позволяют разбить изучаемую совокупность расчетных точек на группы «схожих» по системе параметров кластеров.

Поскольку параметры канцерогенного и неканцерогенного риска имеют разную размерность, перед проведением процедуры кластеризации объекты (параметры) стандартизируют (5):

$$Y = \frac{X - \bar{X}}{S}, \quad (5)$$

где X – исходное значение параметра; Y – стандартизованное значение параметра; \bar{X} – среднее значение параметра; S – стандартное отклонение.

4. При выборе точки размещения поста мониторинга качества атмосферного воздуха учитывают следующие требования:

– точка поста в выделенной зоне (кластере) должна быть размещена в точке с наибольшими или типичными параметрами формируемого риска;

– точка поста должна быть расположена в зоне наибольшей плотности экспонируемого населения.

Для выделения внутри кластера точки размещения поста наблюдения за качеством атмосферного воздуха для СГМ слой кластеров пересекается со слоем плотности населения, который представ-

¹² Р. 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

ляет собой сетку, покрывающую всю селитебную территорию. В результате каждая ячейка сетки содержит информацию о количестве населения, проживающего на данной территории, и параметрах формируемого канцерогенного и неканцерогенного риска. В результате пересечения слоев выбираются реперные точки, которые находятся в границах кластера и имеют плотность населения выше 75 % максимальной плотности населения по кластеру ($>75\% P^N_{max}$).

5. Перечень загрязняющих веществ, которые необходимо измерять в выбранной точке, определяют через ранжирование факторов риска для здоровья, принимая во внимание финансовые и технические возможности испытательных лабораторий, осуществляющих мониторинг.

Апробацию подхода на примере г. Красноярска выполняли, реализуя его параллельно с предварительной оценкой опасности выбросов по первому алгоритму.

Результаты показали удовлетворительную сходимость данных в части обоснования зон (точек) размещения постов. Сеть постов достаточно плотная с целесообразностью минимального перераспределения маршрутных постов системы социально-гигиенического мониторинга (рис. 2).

Приоритеты, установленные по критериям потенциальной опасности примесей (табл. 2), результатам расчетов рассеивания и результатам натурных исследований, совпали не полностью.

Так, по данным расчетов рассеивания в селитебной зоне города (в зонах размещения постов мониторинга) приземные концентрации на уровнях выше ПДК прогнозировались для диоксида азота (на уровне 1,4 ПДК_{мр} и 3,9 ПДК_{сс}), акролеина

(до 1,1 ПДК_{мр}), пыли неорганической (до 2,2 ПДК_{мр} при 0,06 ПДК_{сс}), углеводов (до 3 ПДК). Данные отчасти подтверждаются результатами натурных измерений: превышения ПДК по диоксиду азота регистрируются на многих постах системы УГМС, СГМ краевых постов мониторинга (1,1–1,9 ПДК_{мр}; 1,1–1,8 ПДК_{сс}). Зарегистрированы и превышения по взвешенным частицам (до 5 ПДК_{мр}). Измерений акролеина и углеводов на постах не выполнялось. Верифицировать результаты расчетов крайне сложно.

Отмечены существенные расхождения между расчетными и инструментальными данными по ароматическим углеводородам: практические ни по одному веществу из данной группы расчеты по сводной базе данных не показали «тревожных» уровней (то есть уровней, близких к ПДК или превышающих норматив). При этом на постах Росгидромета, к примеру, измеренные концентрации бензола отмечены на уровнях до 5,2 ПДК, ксилола – до 3,2 ПДК, толуола – до 1,5 ПДК, этилбензола – до 5 ПДК. Отмечены и не прогнозируемые расчетами нарушения гигиенических нормативов по фтористым соединениям (при этом превышения зарегистрированы на шести из восьми постов Росгидромета), то есть опасный уровень фторидов может формироваться если не на всей, то на значительной части территории города и оказывать негативное воздействие на здоровье населения.

Расчетные приземные концентрации по таким примесям, как металлы (алюминий, медь, марганец, никель, кобальт), зарегистрированы на уровне сотых, тысячных долей ПДК, что позволяло по расчетам рассеивания не принимать их во внимание при формировании программ мониторинга, даже с учетом

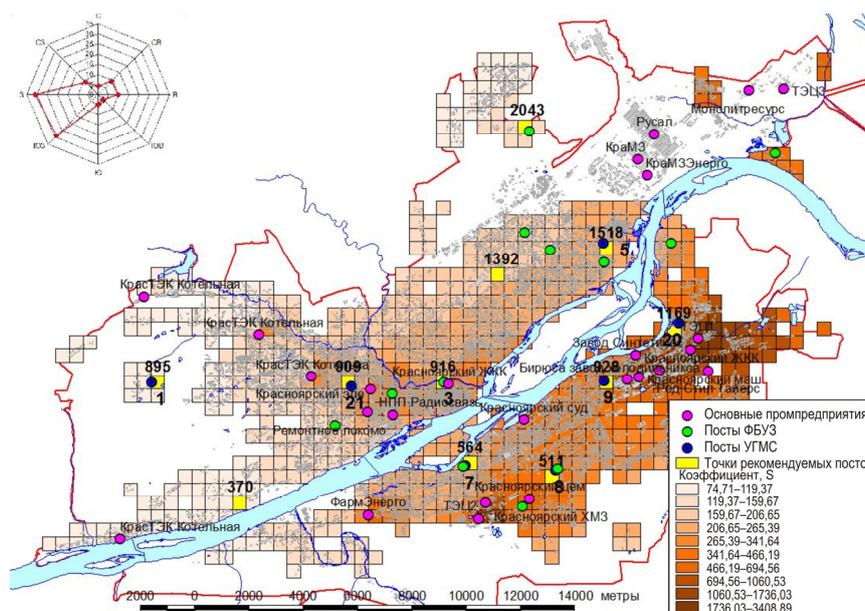


Рис. 2. Карта пространственного распределения сравнительного индекса опасности для здоровья человека по г. Красноярску, формируемого выбросами стационарных источников

Ранжирование примесей по величине суммарных показателей опасности химических примесей, компонентов выбросов промышленных предприятий г. Красноярска (по данным на 2018 г.) (фрагмент)

Химическое соединение	Суммарный в целом для города коэффициент опасности примеси	
	неканцерогенный	канцерогенный
Серы диоксид (ангидрид сернистый)	2632 501,3	–
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	1893 227,7	–
Пыли	1854 052,3	–
Фториды газообразные	495 105,4	–
Фториды плохорастворимые	410 583,1	–
Азот (II) оксид (азота оксид)	235 589,1	–
Углерод (сажа)	1167 60,8	116 764,0
Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	113 814,7	11 381,5
Бута-1,3-диен (1,3-Бутадиен, дивинил)	95 961,1	95 961
Алюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	68 480,8	–
Хлор	65 277,9	–
Углерода оксид	54 542,9	–
Эпихлоргидрин	33 726,6	–
Марганец и его соединения	28 133,4	–
Проп-2-еннитрил (акрилонитрил)	14 450,6	14 450,6
Хром (хром шестивалентный)	14 251,4	14 251,4
Медь оксид (меди оксид) (в пересчете на медь)	10 025,1	–
Соляная кислота	5102,7	–
Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	4404,6	–
Ксилол (смесь изомеров о-, м-, п-)	3726,8	–
Аммиак	2773,2	–
Ванадия пятиокись	1713,6	–
Этилбензол (винилбензол, стирол)	1325,4	–
Водород цианистый	1225,2	–
Проп-2-ен-1-аль (акролеин)	254,0	–
Трихлорэтилен	244,3	–
1,2,4-Триметилбензол (псевдокумол)	177,1	–
Метилбензол (толуол)	138,8	–
Углеводороды предельные C12–C19	127,3	–
2-Хлорбута-1,3-диен (хлоропрен)	123,2	–
Этен (этилен)	100,0	–
Свинец и его неорганические соединения	70,7	0,707
Гидроксибензол (фенол)	64,2	–
Бутилацетат	62,3	–
Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	57,6	–
Формальдегид	42,0	4,197
Бензол	1,70	1,656

критериев риска для здоровья. В ретроспективе мониторинговых, скрининговых или рекогносцировочных инструментальных измерений данных примесей на территории не выполнялось. Верификацию результатов расчетов рассеивания сделать не представлялось возможным.

В связи с этим при рекомендации о включении примеси (вещества) в программу наблюдений руководствовались системой критериев:

– по данным ранее выполненных инструментальных исследований непосредственно в данной точке мониторинга или на ближайшем посту были зарегистрированы концентрации, превышающие гигиенические нормативы для примеси;

– по результатам сводных расчетов рассеивания для вещества прогнозируются приземные концентрации выше ПДК, инструментальные измере-

ния приземных концентраций данной примеси не проводились;

– по данным предварительных расчетов коэффициентов опасности примесь входит в число приоритетов для территории, инструментальные измерения приземных концентраций данной примеси не проводились;

– примесь является индикаторной (маркерной) для выбросов крупнейшего предприятия территории, инструментальные измерения приземных концентраций данной примеси не проводились;

– примесь регистрируется по данным расчетов рассеивания или натурным данным в концентрациях, позволяющих прогнозировать существенный вклад в суммарный канцерогенный или неканцерогенный риск для здоровья населения.

Примеры рекомендаций по программе мониторинга в рамках СГМ приведены в табл. 3.

Рекомендации по программе мониторинга атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для г. Красноярска (фрагмент)

Химическое вещество	Критерий включения в программу
Маршрутный пост ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Краснодарском крае, ул. Парковая, 19 (координаты: с.ш. 56.02002, в.д. 092.97704)	
Азот (II) оксид	Наличие превышений гигиенических нормативов. Формирование недопустимого острого и хронического риска для здоровья.
Азота диоксид	Наличие превышений гигиенических нормативов. Формирование недопустимого острого и хронического риска для здоровья.
Серы диоксид	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, дополнительная смертность населения)
Углерода оксид	Существенный вклад в хронический риск для здоровья (болезни сердечно-сосудистой системы, крови)
Взвешенные вещества (сумма пылей)	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Взвешенные частицы PM ₁₀	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Взвешенные частицы PM _{2,5}	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Аммиак	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания)
Фтористые соединения	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни костной системы)
Формальдегид	Существенный вклад в канцерогенный риск для здоровья
Бенз(а)пирен	Регистрация превышений гигиенических нормативов. Существенный вклад в канцерогенный риск для здоровья
Дигидросульфид	Рекогносцировочно. Нарушение комфортности среды обитания
Ацетальдегид	Рекогносцировочно. Канцероген
Проп-2-ен-1-аль (акролеин)	Потенциально значительный вклад в риск для здоровья (болезни органов дыхания)
Маршрутный пост ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Краснодарском крае, ул. Партизана Железняка, 36 А (координаты с.ш. 56.03596, в.д. 92.92622)	
Азота диоксид	Наличие превышений гигиенических нормативов. Формирование недопустимого острого и хронического риска для здоровья
Серы диоксид	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, дополнительная смертность населения)
Углерода оксид	Существенный вклад с хронический риск для здоровья (болезни сердечно-сосудистой системы, крови)
Взвешенные вещества (сумма пылей)	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Взвешенные частицы PM ₁₀	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Взвешенные частицы PM _{2,5}	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни сердечно-сосудистой системы, дополнительная смертность населения)
Бенз(а)пирен	Наличие превышений ПДК. Значительный вклад в канцерогенный риск для здоровья населения
Алюминий	Маркер выбросов одного из крупных источников загрязнения воздуха. Потенциально существенный вклад в хронический риск для здоровья населения (болезни органов дыхания, центральной нервной системы, костной системы)
Фтористые соединения	Значительный вклад в хронический риск для здоровья (болезни органов дыхания, болезни костной системы)
Никель и его соединения	Маркер выбросов одного из крупных источников загрязнения воздуха. Потенциально существенный вклад в канцерогенный риск для здоровья населения
Кобальт	Маркер выбросов одного из крупных источников загрязнения воздуха. Потенциально существенный вклад в канцерогенный риск для здоровья населения
Ацетальдегид	Рекогносцировочно. Канцероген

Принимали во внимание, что по результатам систематических исследований программа в перспективе может быть скорректирована, в том числе с исключением тех примесей, концентрации которых будут регистрироваться на уровнях, не формирующих недопустимых рисков для здоровья насе-

ния, или не будут существенно повышать эти риски в условиях совместного присутствия с веществами одностороннего действия.

Выводы. Проведенные исследования показали актуальность и своевременность объединения усилий ведомств и организаций, занимающихся

оценкой и управлением качества атмосферного воздуха на территории. Формирование общей сети наблюдений из стационарных и маршрутных постов Росгидромета, Роспотребнадзора и региональных пунктов мониторинга позволило бы при максимальной экономии всех видов ресурсов создать оптимально плотную и репрезентативную инфраструктуру для сбора данных о фактическом состоянии качества атмосферного воздуха. Программы измерений в рамках сложившейся и решающей собственные задачи сети УГМК могли бы включать анализ содержания примесей, приоритетных по критериям рисков для здоровья. Эти измерения дополнялись бы исследованиями на базе сети наблюдений в рамках социально-гигиенического мониторинга. Сопряжение программ по порядку отборов проб и методам измерений позволило бы учитывать всю совокупность данных как для задач органов и организаций Росгидромета, так и органов и организаций Роспотребнадзора.

Данные сводных расчетов рассеивания на текущий момент должны рассматриваться как дополнительный информационный ресурс, описывающий специфику пространственного распределения загрязнений. При этом ориентация только на результаты расчетов на текущий момент представляется необоснованной процедурой в силу существенных расхождений между расчетными и натурными данными. Вместе с тем выявленные несоответствия могут являться основанием для более пристального внимания надзорных органов к ведомостям инвентаризации отдельных хозяйствующих субъектов и установленных для них нормативов допустимых

выбросов, для мер по идентификации контрольно-надзорными органами источников загрязнения, не включенных в сводные базы данных и не учтенных при установлении допустимых уровней воздействия.

Предложенные и апробированные методические подходы к обоснованию точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга с учетом сложившейся сети экологического мониторинга на текущий момент могут быть реализованы на любой территории – как вошедшей в список приоритетных в рамках федерального проекта «Чистый воздух», так не включенных в него. Единственным условием реализации подходов является заинтересованность лиц, принимающих решения, в максимально полной и достоверной информации о качестве воздуха с позиций обеспечения здоровья и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Благодарности. Авторы выражают благодарность главному государственному санитарному врачу Управления Роспотребнадзора по Забайкальскому краю С.Э. Лапе и главному государственному санитарному врачу Красноярского края Д.В. Горяеву за обеспечение оперативного и полного доступа к исходной информации для анализа. Авторы искренне благодарят сотрудников федерального центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения С.Ю. Балашова, С.Ю. Загороднова, Е.В. Попову, Д.А. Кирьянова и В.М. Чигвинцева за помощь в подготовке материала.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Попова А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиции сохранения здоровья нации // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – Т. 251, № 2. – С. 4–7.
2. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на социально-экологическое благополучие городов-курортов кавказских минеральных вод / В.Н. Азаров, П.А. Сидякин, Т.Н. Лопатина, Д.А. Николенко // Социология города. – 2014. – № 1. – С. 28–37.
3. Бадмаева С.Э., Циммерман В.И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 101, № 2. – С. 27–32.
4. Даулбаева А.Н. Анализ загрязнения атмосферного воздуха городов Казахстана // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 10–2. – С. 20–23.
5. Spatial analysis of annual air pollution exposure and mortality / A. Scoggins, T. Kjellstrom, G. Fisher, J. Connor, N. Gimson // Science of the Total Environment. – 2004. – Т. 321, № 1–3. – P. 71–85. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2003.09.020
6. Chernyaeva V.A., Wang D.H. Regional Environmental Features and Health Indicators Dynamics. Pollution of the Earth's Atmosphere and International Air Quality Standards / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019 267 (6), 062012. P 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М., 1991. – 693 с.
7. Фаблов С.А. Производственный экологический контроль в области охраны атмосферного воздуха // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 10 (26). – С. 13–18.
8. Производственный экологический контроль на хлебопекарных предприятиях в области охраны атмосферного воздуха / М.Н. Костюченко, Л.Т. Волохова, В.Д. Степанюк, М.Н. Волохова // Хлебопечение России. – 2018. – № 4. – С. 12–16.
9. Овчинникова Е.Л., Фридман К.Б., Новикова Ю.А. Задачи социально-гигиенического мониторинга в новых правовых условиях // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 939–949.
10. Анализ связи загрязнения атмосферного воздуха и здоровья детского населения в системе социально-гигиенического мониторинга / М.К. Исхакова, К.А. Данилова, А.В. Попов, И.Л. Малькова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2014. – Т. 16, № 5–2. – С. 874–877.

11. Рзаев Р.П. Социально-гигиенический мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Безопасность и охрана труда. – 2011. – Т. 47, № 2. – С. 61–62.
12. Просвирякова И.А. Методические подходы к организации аналитического (лабораторного) контроля загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной и жилой зоны // Здоровье и окружающая среда. – 2014. – Т. 1, № 24. – С. 18–20.
13. Кирсанов В.В., Смолко А.А. Мониторинг природоохранной деятельности предприятий нефтехимического комплекса // Экология и промышленность России. – 2007. – № 12. – С. 10–13.
14. Астапенко Е.О. О некоторых аспектах применения схемы системного экологического мониторинга в зоне влияния нефтехимических предприятий Ханты-мансийского Автономного округа Югры // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 7. – С. 8–12.
15. Оценка качества атмосферного воздуха населенных мест расчетным методом в системе социально-гигиенического мониторинга / М.В. Винокурова, М.В. Винокуров, В.Б. Гурвич, С.В. Кузьмин, О.Л. Малых // Гигиена и санитария. – 2004. – № 5. – С. 25.
16. Киселев А.В., Григорьева Я.В. Применение результатов расчета загрязнения атмосферного воздуха для социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 306–309.
17. Волкодаева М.В. Использование геоинформационных технологий для задач оптимизации размещения станций мониторинга качества атмосферного воздуха // Записки Горного института. – 2015. – Т. 215. – С. 107–114.
18. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха сельских территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения // Пермский медицинский журнал. – 2010. – Т. 27, № 2. – С. 130–138.
19. Оптимизация региональной системы мониторинга атмосферного воздуха на примере г. Нижнекамска / Е.И. Игонин, А.П. Шлычков, А.Р. Шагидуллин, Р.Р. Шагидуллин // Российский журнал прикладной экологии. – 2016. – Т. 7, № 3. – С. 33–39.
20. Оценка риска здоровью населения Владивостока при воздействии атмосферного воздуха / П.Ф. Кикю, В.Ю. Ананьев, Д.С. Жигаев, Н.С. Шитер, В.Д. Богданова, Я.С. Завьялова // Заметки ученого. – 2015. – № 3. – С. 157–160.
21. Platform for monitoring and analysis of air quality in environments with large circulation of people / P.H. Soares, J.P. Monteiro, H.F. Freitas, R. Zenko Sakiyama, C.M. Andrade // Environmental Progress and Sustainable Energy. – 2018. – Vol. 37, no. 6. – P. 2050–2057.
22. Air quality health indices – Review [Электронный ресурс] / A. Gayer, Ł. Adamkiewicz, D. Mucha, A. Badyda // Fire and Environmental Safety Engineering. – Lviv, Ukraine, 2018 – URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/106/mateconf_fese2018_00002/mateconf_fese2018_00002.html (дата обращения: 01.08.2019).
23. Опыт эксплуатации системы непрерывного контроля и регулирования вредных выбросов на ТЭЦ МЭИ / П.В. Росляков, И.В. Морозов, И.Л. Ионкин, О.Е. Кондратьева, В.А. Серегин, Л.В. Никифоров // Промышленная энергетика. – 2015. – № 12. – С. 46–56.
24. Автоматизированные системы непрерывного контроля и учета выбросов вредных веществ ТЭС в атмосферу / П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, О.Е. Кондратьева, А.М. Боровкова, В.А. Серегин, И.В. Морозов // Теплоэнергетика. – 2015. – № 3. – С. 67.
25. Даренских В.А. Проблемы государственного надзора и производственного контроля в области правовой охраны атмосферного воздуха // Современные исследования. – 2018. – Т. 2, № 06. – С. 16–17.
26. Овчинникова Е.Л., Фридман К.Б., Новикова Ю.А. Задачи социально-гигиенического мониторинга в новых правовых условиях // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 939–949.
27. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития / под ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – Пермь, 2014. – 738 с.
28. 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. – Т. 26, № 2. – С. 237–250. DOI: 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250
29. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition // WHO Regional Publication, European Series. – Copenhagen, 2000. – 288 p.
30. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека // Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия. – Копенгаген, 2001. – № 85. – 316 с.
31. Mortality and morbidity due to exposure to ambient particulate matter / M. Miri, A. Alahabadi, M.H. Ehrampush, A. Rad, M.H. Lotfi, M.H. Sheikha, M.J.Z. Sakhvidi // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2018. – № 165. – P. 307–313. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.012
32. Long-Term Exposure to Air Pollutants and Cancer Mortality: A Meta-Analysis of Cohort Studies / H.-B. Kim, J.-Y. Shim, B. Park, Y.-J. Lee // International journal of environmental research and public health. – 2018. – Vol. 15, № 11. – P. 2608. DOI: 10.3390/ijerph15112608

Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.01

METHODICAL APPROACHES TO SELECTING OBSERVATION POINTS AND PROGRAMS FOR OBSERVATION OVER AMBIENT AIR QUALITY WITHIN SOCIAL AND HYGIENIC MONITORING AND “PURE AIR” FEDERAL PROJECT

N.V. Zaitseva¹, I.V. May¹, S.V. Kleyn¹, D.V. Goryaev²

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya str., Perm, 614004, Russian Federation

²Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Krasnoyarsk Region office, 21 Karatanova Str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

The Federal project entitled “Pure air” is a part of “Ecology”, the National project; its primary goal is to achieve a significant improvement in ambient air quality in cities where at present air contamination and population health risks related to it are the most significant. Activities aimed at improving the ecological situation in these cities are provided with the considerable state investment. Results of systemic instrumental measuring that is performed within state systems of ecological and social-hygienic monitoring are considered to be the most informative and reliable database to assess efficiency of air-protecting activities accomplished within the project. Our research goal was to develop and test methodical approaches to substantiating points and programs for observation over ambient air quality within social-hygienic monitoring. The said approaches were to be tested on concrete examples taking into account the existing ecologic monitoring system. We chose the following objects to test our approaches: two cities out of the priority list, namely Krasnoyarsk and Chita. Systemic observations are performed in both cities. There are data on the structure of emissions from all major contamination sources. In Krasnoyarsk there is an aggregated database that contains data on parameters of emission sources; there was no such database in Chita at the moment our research was accomplished. Given the availability of necessary initial data, we suggested algorithms for creating a system of points where observation posts were to be located and for monitoring programs development. We applied health hazards and health risks as our basic criterion for creating an observation system within social-hygienic monitoring. It was shown that data that were collected at ecologic monitoring posts without any changes in their location could be applied to solve tasks related to assessing and predicting health risks as well as analyzing efficiency of accomplished activities provided that research programs were supplemented with parameters that were priority ones as per health hazards and risks. We developed approaches to selecting points and programs for independent research within social-hygienic monitoring. These approaches involve dividing city territories into specific zones as per potential health hazards (when dispersal is not calculated) or health risk levels (when dispersal is calculated); substantiating a list of priority admixtures taking into account carcinogenic and/or non-carcinogenic hazards and risks as well as results of accomplished instrumental measuring and determining parameters of marker (indicator) enterprises with their emissions making the most significant contribution into air contamination.

Key words: ambient air quality, social-hygienic monitoring, observation posts and programs, health risk.

References

1. Popova A.Yu. 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, no. 2 (251), pp. 4–7 (in Russian).
2. Azarov V.N., Sidyakin P.A., Lopatina T.N., Nikolenko D.A. Technogenic pollution of the atmosphere air and its influence on social and ecological wellbeing of the resort towns of the caucasian spas. *Sotsiologiya goroda*, 2014, no. 1, pp. 28–37 (in Russian).
3. Badmaeva S.E., Tsimmerman V.I. Anthropogenic pollution of the atmospheric air in the Krasnoyarsk territory cities. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 2 (101), pp. 27–32 (in Russian).
4. Daulbaeva A.N. the analysis of pollution of atmospheric air in Khazakhstan. *Novaya nauka: Problemy i perspektivy*, 2016, vol. 10, no. 2, pp. 20–23 (in Russian).
5. Scoggins, A., Kjellstrom, T., Fisher, G., Connor, J., Gimson, N. Spatial analysis of annual air pollution exposure and mortality. *Science of the Total Environment*, 2004, vol. 321, no. 1–3, pp. 71–85. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2003.09.020
6. Chernyaeva V.A., Wang D.H. Regional Environmental Features and Health Indicators Dynamics. Pollution of the Earth's Atmosphere and International Air Quality Standards. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 6 p.
7. Fablov S.A. Proizvodstvennyi ekologicheskii kontrol' v oblasti okhrany atmosfernogo vozdukh [Industrial ecological control in ambient air protection]. *Alleya nauki*, 2018, vol. 5, no. 10 (26), pp. 13–18 (in Russian).
8. Kostyuchenko M.N., Volokhova L.T., Stepanyuk V.D., Volokhova M.N. Productive Ecological Control on Bakery Enterprises in Area of Guard of Atmospheric Air. *Khlebopechenie Rossii*, 2018, no. 4, pp. 12–16 (in Russian).

© Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V., 2019

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

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

Svetlana V. Kleyn – Doctor of Medical Science, head of the department of methods for sanitary analysis and monitoring (e-mail: kleyn@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>).

Dmitrii V. Goryaev – Candidate of Medical Sciences, Head of the Administration of the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being in Krasnoyarsk region (e-mail: goryaev_dv@24.rosпотребнадзор.ru; tel.: +7(391) 226-89-50; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6450-4599>).

9. Ovchinnikova E.L., Fridman K.B., Novikova Yu.A. Problems of social and hygienic monitoring in new legal conditions. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problem i puti ikh resheniya*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 939–949 (in Russian).
10. Iskhakova M.K., Danilova K.A., Popov A.V., Mal'kova I.L. The analysis of relation between the pollution of atmospheric air and health of children's population in system of social and hygienic monitoring. *Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskienauki*, 2014, vol. 16, no. 5–2, pp. 874–877 (in Russian).
11. Rzaev R.P. Sotsial'no-gigienicheskii monitoring kachestva atmosfernogo vozdukha dlya otsenki vozdeistviya na zdorov'e cheloveka [Social-hygienic monitoring over ambient air quality aimed at assessing exposure on human health]. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2011, no. 2 (47), pp. 61–62 (in Russian).
12. Prosviryakova I.A. Methodological approaches to the organization of analytical (laboratory) monitoring of pollutants in ambient air at the border of sanitary-protective and residential area. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2014, vol. 1, no. 24, pp. 18–20 (in Russian).
13. Kirsanov V.V., Smolko A.A. Monitoring prirodookhranoideyatelnostipredpriyatiineftekhimicheskogokompleksa [Monitoring over environmental activities accomplished at petrochemical enterprises]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2007, no. 12, pp. 10–13 (in Russian).
14. Astapenko E.O. O nekotorykh aspektakh primeneniya skhemy sistemnogo ekologicheskogo monitoringa v zone vliyaniya neftekhimicheskikh predpriyatii Khanty-mansiiskogo Avtonomnogo okruga Yugry [On certain aspects related to application of systemic environmental monitoring in zones influenced by petrochemical enterprises located in Khanty-Mansi Autonomous Area]. *Innovatsii i investitsii*, 2015, no. 7, pp. 8–12 (in Russian).
15. Vinokurova M.V., Vinokurov M.V., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Malykh O.L. Assessment of ambient air quality in the localities by the calculation method in the sociohygienic monitoring. *Gigiena i sanitariya*, 2004, no. 5, pp. 25–26 (in Russian).
16. Kiselev A.V., Grigor'eva Ya.V. Primenenie rezul'tatov rascheta zagryazneniya atmosfernogo vozdukha dlya sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa [Application of results obtained via calculating ambient air contamination within social-hygienic monitoring activities]. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 4, pp. 306–309 (in Russian).
17. Volkodaeva M.V. Ispol'zovanie geoinformatsionnykh tekhnologii dlya zadach optimizatsii razmeshcheniya stantsii monitoring kachestva atmosfernogo vozdukha [Geoinformation technologies applied to choose the most optimal locations for stations where ambient air quality is monitored]. *Zapiski Gornogo instituta*, 2015, vol. 215, pp. 107–114 (in Russian).
18. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V. Optimizatsiya program nablyudeniya za kachestvom atmosfernogo vozdukha selitebnykh territorii v sisteme sotsial'no-gigienicheskogo monitoring na baze prostranstvennogo analiza i otsenki riska dlya zdorov'ya naseleeniya [Optimizations of programs aimed at ambient air quality monitoring in settlements within social-hygienic monitoring activities based on spatial analysis and health risk assessment]. *Permskii meditsinskii zhurnal*, 2010, vol. 27, no. 2, pp. 130–138 (in Russian).
19. Igonin E.I., Shlychkov A.P., Shagidullin A.R., Shagidullin R.R. Optimization of the regional atmospheric air monitoring system on the example of Nizhnekamsk. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii*, 2016, no. 3 (7), pp. 33–39 (in Russian).
20. Kiku P.V., Anan'ev V.U., Sigaev D.S., Sitter N.S., Bogdanova V.D., Zavyalova Y.S. Assessment of health risks of the population of Vladivostok when exposed to atmospheric air. *Zametki uchenogo*, 2015, no. 3, pp. 157–160 (in Russian).
21. Soares, P.H., Monteiro, J.P., Freitas, H.F., Zenko Sakiyama R., Andrade, C.M. Platformformonitoringandanalysisofairquality in environments with large circulation of people. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, vol. 37, no. 6, 2018, pp. 2050–2057.
22. Gayer A., Adamkiewicz L., Mucha D., Badyda A. Air quality health indices –Review. *Fire and Environmental Safety Engineering*, Lviv; Ukraine, 2018. Available at: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/106/matecconf_fese2018_00002/matecconf_fese2018_00002.html (26.09.2019).
23. Roslyakov P.V., Morozov I.V., Ionkin I.L., Kondrat'eva O.E., Seregin V.A., Nikiforov L.V. Opyt ekspluatatsii sistemy nepreryvnogo kontrolya i regulirovaniya vrednykh vybrosov na TETs MEI [Experience in operating a continuous control system and regulation over hazardous emissions at the heating plant of Moscow Institute of High-Power Engineering]. *Promyshlennaya energetika*, 2015, no. 12, pp. 46–56 (in Russian).
24. Roslyakov P.V., Ionkin I.L., Kondrat'eva O.E., Borovkova A.M., Seregin V.A., Morozov I.V. Continuous emission monitoring and accounting automated systems at an HPP. *Teploenergetika*, 2015, no. 3, pp. 67–74 (in Russian).
25. Darenskikh V.A. The problems of states upervision and production control in the field of legal protection of atmospheric air. *Sovremennye issledovaniya*, 2018, no. 2 (06), pp. 16–17 (in Russian).
26. Ovchinnikova E.L., Fridman K.B., Novikova Yu.A. Zadachi sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa v novykh pravovykh usloviyakh [Issues related to social and hygienic monitoring under the new legislation]. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*, 2018, vol. 13, no. 2, pp. 939–949 (in Russian).
27. Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya [Health risk analysis in the state strategy for social and economic development] In: G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva eds. Perm, 2014, 738 p. (in Russian).
28. Klyuev N.N., Yakovenko L.M. «Dirty» cities in Russia: factors determining air pollution. *Vestnik rossiiskogo universiteta družby narodov. Seriya: ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2018, vol. 26, no. 2, pp. 237–250 (in Russian). DOI: 10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250
29. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. *WHO Regional Publication. European Series*, 2000, Copenhagen, no. 91, 288 p.
30. Monitoring kachestva atmosfernogo vozdukha dlya otsenki vozdeistviya na zdorov'e cheloveka [Monitoring over ambient air quality aimed at assessing exposure on human health]. *WHO Regional Publication. European Series*, 2001, Copenhagen, no. 85, 2001, 316 p. (in Russian).
31. Miri M., Alahabadi A., Ehrampush M.H., Rad A., Lotfi M.H., Sheikhha M.H., Sakhvidi M.J.Z. Mortality and morbidity due to exposure to ambient particulate matter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, no. 165, pp. 307–313. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.012
32. Kim H.-B., Shim J.-Y., Park B., Lee Y.-J. Long-Term Exposure to Air Pollutants and Cancer Mortality: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *International journal of environmental research and public health*, 2018, vol. 15, no. 11, pp. 2608. DOI: 10.3390/ijerph15112608

Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and “pure air” federal project. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.01.eng

Получена: 20.07.2019

Принята: 15.09.2019

Опубликована: 30.09.2019