

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.72:616



Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра

Ю.В. Мякишева¹, И.В. Федосейкина¹, Н.А. Михайлюк², О.Я. Сказкина¹,
Ю.А. Алешина¹, А.Ф. Павлов¹

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Российская Федерация

²ООО «Поволжский научно-технический центр «САМЭКО»»,
ул. Садовая, д. 335, г. Самара, 443001, Российская Федерация

Резюме

Введение. В настоящее время известно, что население, проживающее в районе размещения крупных промышленных предприятий, может подвергаться неблагоприятному влиянию. Одним из основных экологических факторов риска для здоровья населения территорий нефтехимии и нефтепереработки является загрязнение атмосферного воздуха. Влияние загрязнений воздушного бассейна на здоровье населения, проживающего в изучаемом районе городского округа Самара, обусловлено выбросами от автотранспортных средств и промышленных предприятий, среди которых приоритетными являются диоксид серы, серная кислота, диоксид азота, смесь углеводородов, сероводород, бензол. **Цель работы** – проведение оценки риска здоровью населения, проживающего на территории с высокой антропогенной нагрузкой городского округа Самара.

Методы. Исследование проводилось с 2018 по 2020 год. В качестве объекта исследования выбран атмосферный воздух одного из районов г.о. Самара – Куйбышевского района. На первом этапе работы проводилась идентификация опасности: выявление потенциально вредных факторов, составление перечня приоритетных химических веществ, обладающих канцерогенными и неканцерогенными эффектами и подлежащих последующей характеристике риска, определение концентрации ксенобиотиков в 7568 пробах атмосферного воздуха. На следующем этапе проведена оценка риска для здоровья населения. После этого были обобщены полученные результаты, сгруппированы уровни канцерогенного и неканцерогенного рисков по путям передачи, органам-мишеням, загрязняющим веществам.

Результаты. В результате проведенного исследования выявлено, что суммарный канцерогенный риск для здоровья населения экологически неблагоприятного района относится ко 2-му диапазону референтных границ и формируется за счет присутствия в воздухе шестивалентного хрома и бензола. Суммарный индекс опасности развития неканцерогенных эффектов у населения по приоритетным загрязняющим веществам составляет не более 3. При этом основными химическими веществами, формирующими его значение, являются оксид серы, диоксид азота, смесь углеводородов, бензол, содержащиеся в выбросах предприятий нефтепереработки и нефтехимии.

Выводы. В результате проведенной оценки аэрогенного риска здоровью населения экологически неблагоприятной территории городского округа Самара установлены приемлемые значения риска по всем отдельным поллютантам. Однако, учитывая присутствие в атмосферном воздухе суммы поллютантов, необходимо рассматривать риски здоровья населения с позиций суммации биологических эффектов.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, атмосферный воздух, приоритетные загрязнители, риски здоровью населения.

Для цитирования: Мякишева Ю.В., Федосейкина И.В., Михайлюк Н.А., Сказкина О.Я., Алешина Ю.А., Павлов А.Ф. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 3. С. 44–52. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52>

Сведения об авторах:

✉ **Мякишева** Юлия Валерьевна – д.м.н., доцент, заведующая кафедрой общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: ymyakisheva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-511X>.

Федосейкина Ирина Валерьевна – к.п.н., доцент кафедры общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: i.v.fedosejkina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5358-1839>.

Михайлюк Наталья Александровна – к.м.н., исполнительный директор ООО «Поволжский научно-технический центр «САМЭКО»»; e-mail: mihailuk_sameko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8234-6552>.

Сказкина Ольга Яковлевна – к.м.н., доцент кафедры общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: o.ya.skazkina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4548-8033>.

Алешина Юлия Александровна – старший преподаватель кафедры общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: y.u.a.aleshina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-0737>.

Павлов Андрей Федорович – ассистент кафедры общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: a.f.pavlov@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0614-7914>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Мякишева Ю.В.; сбор данных: Михайлюк Н.А.; анализ и интерпретация результатов: Мякишева Ю.В., Михайлюк Н.А., Федосейкина И.В.; обзор литературы: Сказкина О.Я., Алешина Ю.А.; подготовка рукописи: Мякишева Ю.В., Павлов А.Ф. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы кафедры общей и молекулярной биологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

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

Статья получена: 14.10.20 / Принята к публикации: 04.03.22 / Опубликовано: 31.03.22

Ambient Air Pollution and Population Health Risks in a Contaminated Area of a Large Industrial Center

Yulia V. Myakisheva,¹ Irina V. Fedoseikina,¹ Natalya A. Mikhayluk,²
Olga Ya. Skazkina,¹ Yulia A. Aleshina,¹ Andrew F. Pavlov¹

¹Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya Street, 443099, Samara, Russian Federation

²Volga Scientific and Technical Center «SAMEKO», 335 Sadovaya Street, Samara, 443001, Russian Federation

Summary

Background: People living in the vicinity of large industrial enterprises are known to be exposed to adverse anthropogenic factors. Ambient air pollution is one of the main health risks for the population residing in the areas of oil refining and petrochemical industries. In the study district of the city of Samara, the priority air contaminants, principally emitted by motor vehicles and industrial premises, include sulfur dioxide, sulfuric acid, nitrogen dioxide, hydrocarbons, hydrogen sulfide, and benzene.

Objective: To assess health risks for the population heavily exposed to airborne chemicals in the city of Samara.

Methods: The study was conducted in 2018–2020 in the Kuybyshevsky district of Samara, Russian Federation. Its first stage included hazard identification, i.e. detection of potentially adverse factors, ranking of priority air pollutants having both carcinogenic and non-carcinogenic effects and subject to subsequent risk characterization, and the analysis of xenobiotic concentrations in 7,568 ambient air samples. The next stage included population health risk assessment, the results of which were summarized to group the levels of carcinogenic and non-carcinogenic risks by pollutants, routes and pathways of exposure, and target organs.

Results: We established that the total carcinogenic risk for the population of the industrial district lay within the second range of reference limits and was mainly attributed to inhalation exposure to hexavalent chromium and benzene. The total non-carcinogenic hazard index in the community was < 3 for the group of priority pollutants consisting of sulfur oxide, nitrogen dioxide, hydrocarbons, and benzene emitted by local oil refineries and petrochemical plants.

Conclusions: We obtained permissible risk values for all ambient air contaminants of the industrial district of Samara taken separately. In view of multiplicity of airborne pollutants, however, it is expedient to consider health risks from their combined exposure.

Keywords: anthropogenic load, ambient air, priority pollutants, population health risks.

For citation: Myakisheva YuV, Fedoseikina IV, Mikhayluk NA, Skazkina OYa, Aleshina YuA, Pavlov AF. Ambient air pollution and population health risks in a contaminated area of a large industrial center. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(3):44–52. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52>

Author information:

✉ Yulia V. Myakisheva, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor; Head of the Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University; e-mail: ymyakisheva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-511X>.

Irina V. Fedoseikina, Cand. Sci. (Pedag.); Associate Professor of the Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University; e-mail: i.v.fedoseikina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5358-1839>.

Natalya A. Mikhayluk, Cand. Sci. (Med.), Executive Director, Volga Scientific and Technical Center "SAMEKO"; e-mail: mihauluk_sameko@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8234-6552>.

Olga Ya. Skazkina, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University; e-mail: o.ya.skazkina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4548-8033>.

Yulia A. Aleshina, Senior Lecturer, Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University; e-mail: yu.a.aleshina@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-0737>.

Andrew F. Pavlov, Assistant, Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University; e-mail: a.f.pavlov@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0614-7914>.

Author contributions: study conception and design: Myakisheva Yu.V.; data collection: Mikhayluk N.A.; analysis and interpretation of results: Myakisheva Yu.V., Mikhayluk N.A., Fedoseikina I.V.; literature review: Skazkina O.Ya., Aleshina Yu.A.; draft manuscript preparation: Myakisheva Yu.V., Pavlov A.F. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: This study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

Funding: The article was prepared as part of the research work of the Department of General and Molecular Biology, Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: October 14, 2020 / Accepted: March 4, 2022 / Published: March 31, 2022

Введение. Важной проблемой профилактической медицины на современном этапе является выявление риска здоровью населения, связанного с загрязнением среды обитания, поскольку эколого-гигиеническая ситуация в стране продолжает оставаться напряженной. К настоящему времени накоплены многочисленные данные, свидетельствующие о том, что население, проживающее в районе размещения крупных промышленных предприятий, может подвергаться их неблагоприятному влиянию. Согласно многочисленным исследованиям российских и зарубежных авторов, наибольшая антропогенная нагрузка приходится на атмосферный воздух [1–4]. Более 50 млн жителей России проживают в условиях загрязнения воздушной среды, обусловленного выбросами от автотранспортных средств и промышленных предприятий, такими как бенз(а)пирен, формальдегид, шестивалентный хром, сероводород, диоксид азота и пыль [5–9]. Превышающие нормативы концентрации токсикантов в окружающей среде приводят к увеличению распространенности острых респираторных инфекций, хронических неспецифических заболеваний органов дыхания, аллергических заболеваний, ишемической болезни сердца, болезней пищеварительной и эндокринной систем, гипертонической болезни, онкологической патологии и врожденных анома-

лий развития. Загрязнению окружающей среды способствуют недостаточные темпы модернизации заводов и обновления оборудования с истекшим сроком эксплуатации. Остается недостаточно сформированной система объективного контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Одним из основных экологических факторов риска для здоровья населения территорий нефтехимии и нефтепереработки является загрязнение атмосферного воздуха. Современным методом оценки возможных эффектов неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды является анализ риска здоровью, который учитывает все источники вредных веществ, поступающих в организм из различных объектов среды обитания (атмосферный воздух, почва, питьевая вода, продукты питания). Данные по оценке риска необходимы для принятия на государственном уровне управленческих решений, направленных на улучшение качества среды обитания [10, 11]. Антропогенное воздействие на среду обитания населения административно-хозяйственного центра Среднего Поволжья – городского округа Самара (г.о. Самара) остается значительным [12–14]. Результатом складывающейся ситуации является присутствие в воздушной среде г.о. Самара широкого спектра химических веществ в концентрациях выше предельно допустимой концентрации

¹ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals: издание официальное». Утверждено и введено в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г., разработан Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2004. 144 с.

(ПДК) [15]. При одновременном присутствии в воздухе различных поллютантов создается неблагоприятный фон комбинированного воздействия на организм, который приводит к развитию экологически обусловленных заболеваний: заболеваний верхних дыхательных путей (риниты, тонзиллиты), заболеваний легких (хронический бронхит и бронхиальная астма), болезней системы кровообращения, кожных покровов, эндокринной и иммунной систем, новообразований [16–19].

Загрязнение объектов среды обитания является важной темой для проведения комплексных исследований по оценке неблагоприятного воздействия вредных химических факторов на здоровье населения с учетом региональных особенностей. Большинство работ по исследованию качества атмосферного воздуха отражает в основном воздействие превышения ПДК по отдельным химическим веществам с учетом источников поступления их в атмосферный воздух [20, 21]. Лишь незначительное число работ посвящено комплексной оценке качества атмосферного воздуха с позиций как учета суммарного эффекта поллютантов, так и эффекта потенцирования по отдельным примесям [22].

В литературе представлены результаты многолетней динамики качества объектов среды обитания в городского округа Самара, характеризующие состояние почвы, снегового покрова и питьевой воды [20–22], тогда как качеству атмосферного воздуха уделялось меньшее внимание, при этом отсутствуют расчеты риска здоровью населения на основании полученных данных.

В связи с вышеизложенным в настоящее время актуальным является определение приоритетных загрязняющих веществ, аэрогенной оценки риска здоровью, необходимых для разработки мероприятий по уменьшению влияния выявленных факторов.

Цель работы – проведение оценки риска здоровью населения, проживающего на территории с высокой антропогенной нагрузкой городского округа Самара.

Задачи:

- идентифицировать опасность выбросов в атмосферу от различных источников, установить приоритетные загрязнители;
- проанализировать результаты лабораторных исследований по загрязнению атмосферного воздуха в районе размещения промышленных предприятий;
- выявить особенности формирования антропогенной нагрузки на среду обитания в районе размещения промышленных предприятий в современных условиях;
- оценить возможные потенциальные эффекты на здоровье населения с учетом прогнозируемых уровней загрязнения атмосферного воздуха от выявленных основных источников;
- определить уровни канцерогенного риска и риска развития неканцерогенных эффектов у населения, проживающего на территории района с высокой степенью антропогенной нагрузки.

Методы, объекты и объемы исследований данной работы. Исследование проводилось с 2018 по 2020 год. В качестве объекта исследования выбран атмосферный воздух одного из районов г.о. Самара – Куйбышевского района. Географическое расположение района таково,

что предприятия окружают его со всех сторон. Основная их группа, включая предприятия нефтепереработки и нефтехимии, расположена к западу от города. В границах близлежащей жилой застройки Куйбышевского района г.о. Самара находятся предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, предприятия по производству металлических конструкций, очистные коммунальные сооружения, объекты строительства, характерен постоянный интенсивный автомагистральный поток.

На начальном этапе исследовательской работы для установления особенностей формирования антропогенной нагрузки на изучаемой территории проведен скрининг расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ на близлежащей территории от ведущих промышленных предприятий района с учетом ряда эффектов, влияющих на моделирование рассеивания: конкретного рельефа местности, направления ветра, коррекции приземного и слабого ветра, характера импульсной работы ряда ведущих источников.

Идентификация опасности выполнена в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»¹ [23]. За основу при проведении идентификации опасности выбросов были приняты величины суммарных выбросов от ведущих предприятий, расположенных в промышленном узле г.о. Самара, в т/год.

Таким образом, были рассчитаны индексы канцерогенной опасности (HRIc) и индексы сравнительной опасности неканцерогенного действия (HRI), что позволило провести ранжирование и выбрать приоритетные вещества.

На втором этапе работы для определения окончательного перечня приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе определялось их фактическое присутствие в границах действующих предприятий района, на жилой застройке и их пространственное распределение на всей территории в зоне влияния выбросов исследуемых объектов и количественные характеристики путем лабораторных измерений на аналитическом оборудовании методами хроматографического (газовый хроматограф «Кристалл 5000.1», электрохимического и оптононспектрофотометрического анализа (газоанализатор универсальный ГАНК-4АР). Полученные данные по содержанию загрязняющих веществ по проведенным 7568 исследованиям атмосферного воздуха в районе размещения промышленных объектов подвергались сравнительному анализу по установленным гигиеническим нормативам по предельно допустимым концентрациям в атмосферном воздухе.

Исследования проводились аккредитованными лабораториями и специализированными службами (ООО «Поволжский научно-технический центр охраны труда «САМЭКО», ФГБУ «Приволжское УГМС», ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Самарской области»).

На следующем этапе была проведена оценка риска для здоровья населения, которая осуществлялась по результатам рассеивания, в соответствии с рекомендациями «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую

среду»¹ [23]. Расчет рисков и их характеристика проводились отдельно для канцерогенных и неканцерогенных эффектов с описанием возможных неблагоприятных влияний на здоровье человека. Полная (базовая) схема оценки риска предусматривала проведение четырех взаимосвязанных этапов: идентификация опасности, оценка зависимости «доза — ответ», оценка экспозиции, характеристика риска.

После проведения анализа риска здоровью были обобщены полученные результаты, сгруппированы уровни канцерогенного и неканцерогенного рисков по путям передачи, органам-мишеням, загрязняющим веществам.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета специализированных программ SPSS Statistics 22 и Microsoft Excel 2013. Сравнение вариационных рядов полученных данных осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа с использованием критерия Фишера (F). Статистическую значимость (p) принимали менее или равной 0,05.

Результаты исследования. По результатам проведенного анализа выбросов промышленных предприятий нефтепереработки и нефтехимии в изучаемом районе определены приоритетные загрязняющие вещества, обладающие канцерогенными и неканцерогенными эффектами, подлежащие последующей характеристике риска.

Результаты ранжирования веществ по величине индекса сравнительной неканцерогенной опасности показали, что наиболее высокий индекс — у диоксида серы: 250 000, что составляет около 35 % вклада в суммарный индекс. Приблизительно одинаковый вклад в суммарный индекс вносят мазутная зола по ванадию и диоксид азота (индексы составляют 170 000 и 157 200), что равно 23 и 21 % соответственно. Вклад оксида азота в суммарный индекс составляет 71 000 (около 10 %). Углеводороды C1-C5 и C6-C10 вносят совместно 6 % в суммарный индекс опасности (таблица).

В целом данные веществ вносят до 95 % вклада в суммарный индекс неканцерогенной опасности выбросов, а с учетом выброса серной кислоты и сероводорода доля вклада составляет 97 %. Таким образом, на долю вклада остальных 40 веществ приходится только около 3 %.

По результатам ранжирования к основным веществам с неканцерогенным действием, содержащимся в атмосферном воздухе изучаемого района, отнесены диоксиды серы и азота, оксиды углерода и азота, сероводород, смесь углеводородов (C1-C10), аммиак, ароматические углеводороды. К канцерогенам относятся бенз(а)пирен, свинец, бензол, этилбензол, хром (VI), сажа, которые обладают и общетоксическим действием. Выявлена канцерогенная опасность по хрому шестивалентному и бензолу.

Таблица. Идентификация опасности основных выбросов (приоритетных и с канцерогенным риском) в атмосферный воздух

Table. Hazard identification of priority and carcinogenic ambient air pollutants

Код / Code	Наименование вещества / Chemical	Выброс, т/год / Emission, tons per year	Rf Cостр, мг/м³ / Acute RfC, mg/m³	RfCхр, мг/м³ / Chronic RfC, mg/m³	SFi	HRI	HRIC	Ранг по HRI / HRI rank	Ранг по HRIC / HRIC rank
0203	Хром (Хром шестивалентный) / Chromium VI	0,00047		0,0001	42	4,7	47	38	
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид) / Nitrogen dioxide	1572	0,2	0,04		157200		3	
0303	Аммиак / Ammonia	8,5	0,35	0,1		850		19	
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид) / Nitrogen oxide	7,1E2	0,72	0,06		71000		4	
0322	Серная кислота / Sulphuric acid	9,6	0,1	0,001		9600		7	
0328	Углерод (Сажа) / Carbon black	7,6	0,3	0,05	0,0155	760		20	
0330	Сера диоксид-Ангидрид сернистый / Sulfur dioxide	2,5E3	0,66	0,05		250000		1	
0331	Сера элементарная / Elemental sulfur	9,6	0,5	0,075		960		17	
0333	Дигидросульфид (Сероводород) / Hydrogen sulfide	8,6	0,125	0,002		8600		8	
0337	Углерод оксид / Carbon oxide	1,4E3	23,0	3,0		1400		13–14	
0415	Углеводороды предельные C1–C5 / Saturated C1–C5 hydrocarbons	1E3	9,0	0,2		10000		6	
0416	Углеводороды предельные C6–C10 / Unsaturated C6–C10 hydrocarbons	3,3E3	9,0	0,2		33000		5	
0602	Бензол / Benzene	1,1E2	0,15	0,03	0,027	110	1100	24	
0627	Этилбензол / Ethylbenzene	2,8		1,0	0,00385	2,8		40	
0703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен) / Benzo(a)pyrene (3,4-benzpyrene)	0,00037	0,000001	0,000001	3,9	37		27	
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий) / Oil ash from thermal power plants (expressed as vanadium)	1,7	0,03	0,00007		170000		2	

Однако с учетом метеорологической и климатической характеристики Куйбышевского района г.о. Самара, режима ветра, способствующего воздействию выбросов предприятий на состав атмосферного воздуха в жилых районах, проведенные натурные исследования выявили наиболее значимые загрязняющие вещества для данной территории. Приоритетными загрязняющими веществами атмосферного воздуха по данным проведенного лабораторного контроля воздушного бассейна изучаемого района в 2019 году являлись сероводород, фенол, углеводороды, диоксид азота, диоксид серы, бензол. В период с июня 2019 года по декабрь 2019 года были зафиксированы превышения ПДК в 16,4 % анализируемых проб: по сероводороду – до 5,6 ПДК, фенолу – до 1,3 ПДК, углеводородам C12-C19 – до 1,6 ПДК. В летний период года с преобладанием западных и северо-западных ветров значительно меньше регистрировались случаи превышения загрязняющих веществ, за исследуемый период они составили 15 % от всех анализируемых проб. В холодный период года при преобладании юго-западного и западного направлений ветра, постоянной смене атмосферного давления чаще регистрируются загрязняющие вещества в атмосферном воздухе, что составило 23,3 % от всех анализируемых проб.

Для оценки связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья человека оценивались токсикометрические параметры приоритетных загрязнителей.

Основные параметры приоритетных загрязнителей, использованные для количественной оценки риска, включали направленность неканцерогенного действия для веществ общетоксического действия и факторы канцерогенного потенциала для веществ, обладающих канцерогенным воздействием. Референтные концентрации острого действия были выбраны согласно соответствующему временному интервалу воздействию, порядка от одного до нескольких часов.

В случае, когда у определяемого загрязнителя референтная концентрация для данного времени воздействия отсутствовала, он не учитывался при расчете типа риска, соответствующего данному времени воздействия, согласно «Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»¹ [23].

По результатам установления приоритетных загрязнителей, дающих наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха района с высокой степенью антропогенной нагрузки, проводился анализ моделирования рассеяния выбросов и рассчитывались уровни острого и хронического неканцерогенного риска, канцерогенного риска и суммарный риск для здоровья населения. Полученные данные представлены на рисунках 1–5.

Обсуждение. При анализе перечня потенциально вредных химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе изучаемого района, выявлены вещества, обладающие канцерогенными и неканцерогенными эффектами.

При лабораторном определении концентрации загрязняющих веществ в исследуемых пробах атмосферного воздуха выявлено,

что приоритетными загрязняющими веществами в 2019 году являлись сероводород, фенол, углеводороды. Полученные результаты согласуются с данными исследований качества атмосферного воздуха в различных районах г.о. Самара, проведенных в 2018–2019 гг., в которых отмечался рост уровня загрязнения атмосферы аммиаком, снижение – формальдегидом, хлоридом водорода, диоксидом азота, содержание оксида углерода оставалось стабильным, зафиксированы разовые превышения предельно допустимой концентрации сероводорода в атмосферном воздухе Куйбышевского района. Выявленная зависимость концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от времени года также согласуется с данными экологических бюллетеней Самарской области за соответствующие месяцы.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном уровне загрязнения атмосферного воздуха изучаемой территории и обуславливают вероятность развития неблагоприятных эффектов для здоровья населения.

В настоящее время имеются данные, что на территориях, примыкающих к нефтеперерабатывающим предприятиям, наиболее существенными являются только острые и хронические неканцерогенные риски для органов дыхания и центральной нервной системы [24–28]. Как показали расчеты, острый и хронический неканцерогенный риск как для органов дыхания, так и для центральной нервной системы (ЦНС) имеет величины менее 1, поэтому его можно квалифицировать как приемлемое значение. С учетом того, что рассчитывался суммарный риск от вкладов нескольких загрязнителей, адекватным порогом приемлемости для этого считается риск, равный 3, который также оценивается как приемлемый. Значения риска для органов дыхания и центральной нервной системы сопоставимы. Значительный вклад в риск развития заболеваний для органов дыхания вносит диоксид серы и серная кислота, для ЦНС – в основном предельные углеводороды C1-C5, предельные углеводороды C6-C10, предельные углеводороды C12-C19 (рис. 1–4).

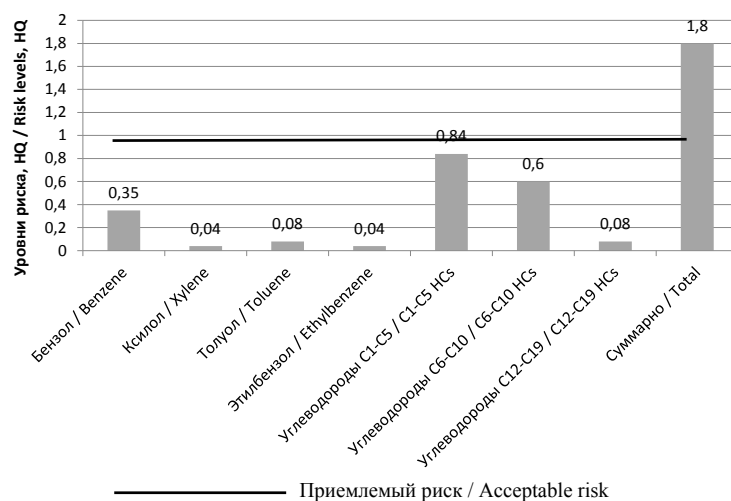


Рис. 1. Уровни острого неканцерогенного риска здоровью населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно для заболеваний ЦНС

Fig. 1. Acute non-carcinogenic health risks for diseases of the central nervous system posed by priority pollutants separately and in combination

Abbreviation: HCs, hydrocarbons

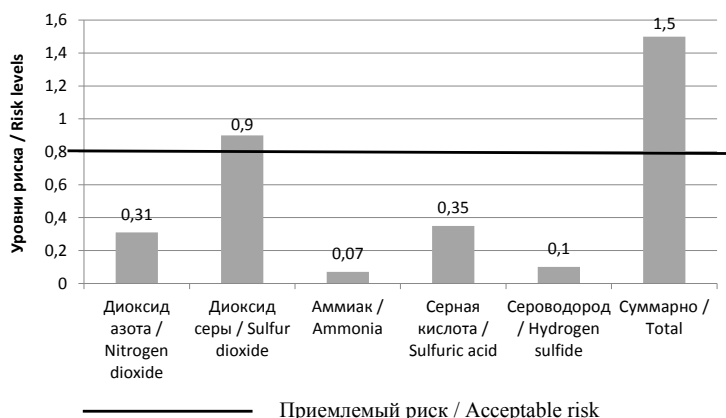


Рис. 2. Уровни острого неканцерогенного риска здоровью населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно для заболеваний органов дыхания

Fig. 2. Acute non-carcinogenic health risks for diseases of the respiratory system posed by priority pollutants separately and in combination

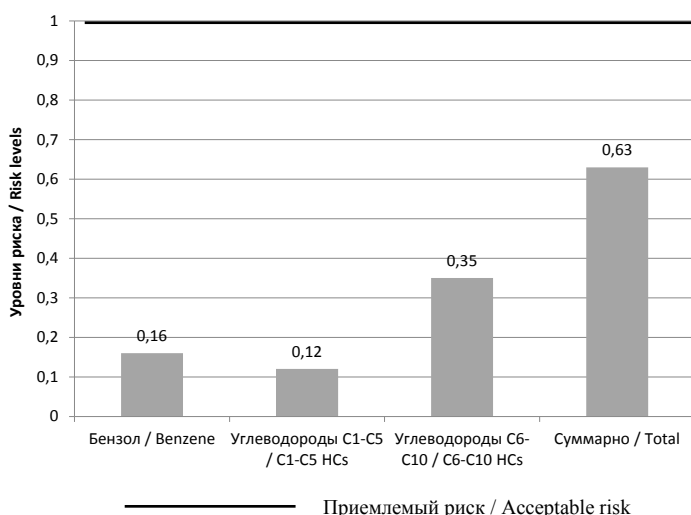


Рис. 3. Уровни хронического неканцерогенного риска здоровью населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно для заболеваний ЦНС

Fig. 3. Chronic non-carcinogenic health risks for diseases of the central nervous system posed by priority pollutants separately and in combination
Abbreviation: HCs, hydrocarbons

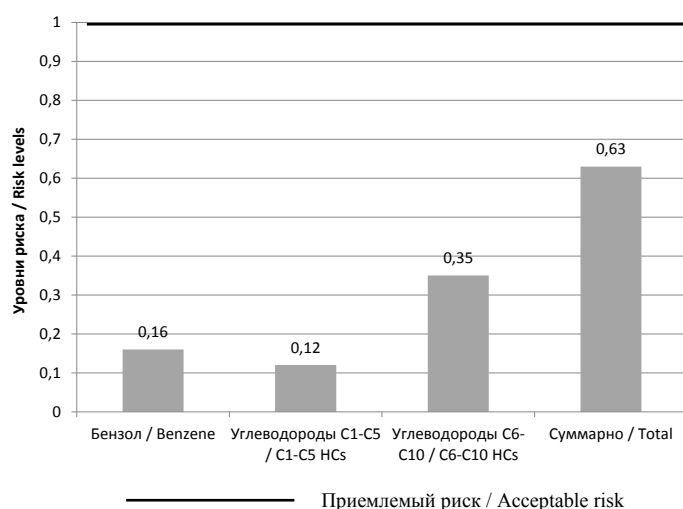


Рис. 4. Уровни хронического неканцерогенного риска здоровью населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно для заболеваний органов дыхания

Fig. 4. Chronic non-carcinogenic health risks for diseases of the respiratory system posed by priority pollutants separately and in combination

Рассчитанный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения района с высокой степенью антропогенной нагрузки для отдельных загрязняющих веществ, а также суммарный канцерогенный риск представлены на рис. 5. Основной вклад в его формирование вносят бензол, пропилен, хром, этилбензол, бенз(а)пирен (рис. 5).

Канцерогенный риск переходит значение 10^{-5} , но превышенный условно принятого допустимого уровня 10^{-4} нет ни по одному токсиканту и суммарному значению. Соответственно, уровень канцерогенного риска для здоровья населения, подверженного воздействию выбросов промышленных предприятий района, соответствует уровню приемлемого значения. Полученные данные определяют значимость дальнейшего исследования по проведению оценки многосредового риска. Ориентирование на промышленные выбросы отдельных ведущих предприятий района не отражает в полной мере реального их неблагоприятного воздействия с учетом возможной суммации или потенцирования. В связи с этим проведение анализа многосредового риска здоровью с обязательным учетом всех источников загрязнения атмосферного воздуха, почв, вод и снежного покрова способствует получению достоверных данных о вероятности развития заболеваний как в ближайшее время (неканцерогенный риск), так и в отдаленные сроки (канцерогенный риск) [6, 19, 29].

Выводы

1. Риски для здоровья населения в первую очередь формируются в результате загрязнения атмосферного воздуха следующими примесями: диоксид серы, серная кислота, диоксид азота, смесь углеводородов, сероводород, бензол.

2. Суммарный канцерогенный риск для здоровья населения района г.о. Самара с высокой степенью антропогенной нагрузки за 2019 год относится ко 2-му диапазону референтных границ и составляет $4,1 \times 10^{-5}$.

3. Основными поллютантами, формирующими уровень суммарного канцерогенного риска здоровью населения Самары, являются шестивалентный хром и бензол.

4. Суммарный индекс опасности развития неканцерогенных эффектов у населения изучаемого района г.о. Самара за 2019 год по приоритетным загрязняющим веществам составляет не более 3.

5. Основными химическими веществами, формирующими суммарный индекс опасности развития неканцерогенных эффектов у населения, являются оксид серы, диоксид азота, смесь углеводородов, сероводород, бензол, содержащиеся в выбросах предприятий нефтепереработки и нефтехимии.

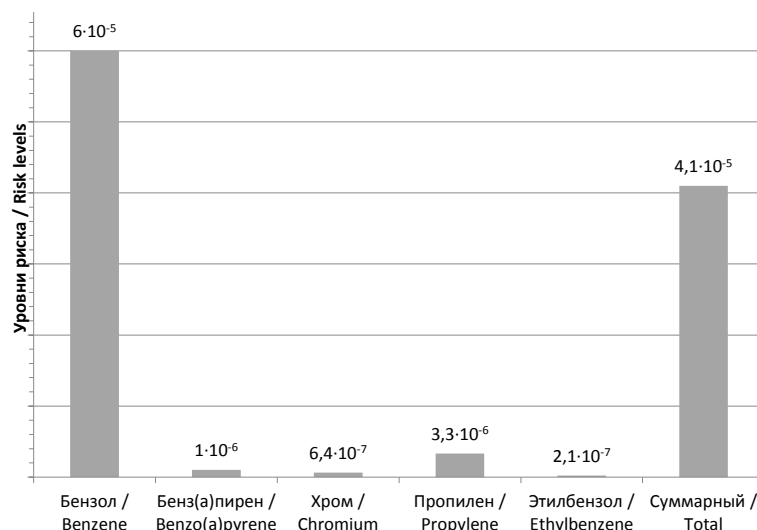


Рис. 5. Уровни канцерогенного риска для здоровья населения по приоритетным загрязняющим веществам и суммарно
Fig. 5. Carcinogenic health risks posed by priority pollutants separately and in combination

Закключение. По результатам проведенной оценки аэрогенного риска здоровью населения, проживающего на территории с высокой антропогенной нагрузкой г.о. Самара, полученные значения характеризуются как приемлемые. Однако полученные данные свидетельствуют, что при одновременном присутствии в воздухе различных поллютантов создается неблагоприятный фон комбинированного воздействия на организм, который приводит к развитию экологически обусловленных заболеваний. Ориентирование на уровни по отдельным вредным примесям не отражает в полной мере реального их неблагоприятного воздействия с учетом возможной суммации или потенцирования. В связи с этим перспективным является проведение многосредовой оценки риска здоровью населения.

Список литературы

- Bai L, Wang J, Ma X, Lu H. Air pollution forecasts: An overview. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(4):780. doi: 10.3390/ijerph15040780
- Khilnani GC, Tiwari P. Air pollution in India and related adverse respiratory health effects: Past, present, and future directions. *Curr Opin Pulm Med*. 2018;24(2):108-116. doi: 10.1097/MCP.0000000000000463
- Березин И.И., Семаева Е.А. Современное состояние атмосферного воздуха в городе с интенсивным развитием нефтеперерабатывающей промышленности // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 3(288). С. 18–22. doi: 10.35627/2219-5238/2017-288-3-18-22
- Сучков В.В., Семаева Е.А. Взаимосвязь величин предельно допустимых концентраций и уровня риска здоровью для аэрополлютантов // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 5. С. 442–445.
- Мякишева Ю.В., Светлова Г.Н., Фатенков О.В., Сказкина О.Я., Федосейкина И.В., Богданова Р.А. Взаимосвязь распространенности нозологических форм заболеваний с антропогенными факторами внешней среды у населения г.о. Самара // Вопросы управления в развитии системы первичной медико-санитарной помощи: актуальные вопросы гематологии : сборник научных работ научно-практической конференции, Самара, 04 апреля 2017 года. Самара: Самарский государственный медицинский университет, 2017. С. 267–270.
- Коломин В.В., Латышевская Н.И., Кудряшева И.А., Елисеев Ю.Ю. Организация мониторинга

воздушного бассейна на основе результатов оценки состояния здоровья населения // Саратовский научно-медицинский журнал. 2020. Т. 16. № 1. С. 77–82.

- Зайцева Н.В., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Пережогин А.Н., Клейн С.В. Оценка аэрогенного воздействия приоритетных химических факторов на здоровье детского населения в зоне влияния предприятий по производству алюминия // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 68–75. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
- Сазонова О.В., Исакова О.Н., Сухачева И.Ф., Комарова М.В. Среда обитания и заболеваемость населения Самары болезнями органов дыхания // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 4. С. 33–36.
- Zhang C, Ding R, Xiao C, et al. Association between air pollution and cardiovascular mortality in Hefei, China: A time-series analysis. *Environ Pollut*. 2017;229:790-797. doi: 10.1016/j.envpol.2017.06.022
- Liu Y, Wu J, Yu D, Hao R. Understanding the patterns and drivers of air pollution on multiple time scales: the case of Northern China. *Environ Manage*. 2018;61(6):1048-1061. doi: 10.1007/s00267-018-1026-5
- Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The interplay of climate change and air pollution on health. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(4):504-513. doi: 10.1007/s40572-017-0168-6
- Кряжев Д.А., Боев В.М., Фархутдинова К.С., Медем Д.О. Гигиеническая оценка влияния канцерогенных химических веществ в атмосферном воздухе на заболеваемость злокачественными новообразованиями кожи // Альманах молодой науки. 2016. № 2. С. 3–8.
- Coker E, Kizito S. A narrative review on the human health effects of ambient air pollution in Sub-Saharan Africa: an urgent need for health effects studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(3):427. doi: 10.3390/ijerph15030427
- Сазонова О.В., Сучков В.В., Исакова Л.И., Тупикова Д.С. Влияние антропогенной нагрузки на условия самоочищения почвы на территории санитарно-защитной зоны // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 5 (278). С. 22–25.
- Larenas-Linnemann D, Romero-Tapia SJ, Virgen C, Mallol J, Baeza Bacab MA, Garcia-Marcos L. Risk factors for wheezing in primary health care settings in the tropics. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2020;124(2):179-184.e1. doi: 10.1016/j.anai.2019.11.008

16. Dong D, Xu X, Xu W, Xie J. The relationship between the actual level of air pollution and residents' concern about air pollution: evidence from Shanghai, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(23):4784. doi: 10.3390/ijerph16234784
17. Amegah AK. Proliferation of low-cost sensors. What prospects for air pollution epidemiologic research in Sub-Saharan Africa? *Environ Pollut*. 2018;241:1132-1137. doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.044
18. Авалиани С.Л., Балтер Б.М., Балтер Д.Б., Ревич Б.А., Стальная М.В., Фаминская М.В. Анализ риска для здоровья от загрязнения воздуха 15 нефтеперерабатывающими предприятиями. Часть I. Выбросы и риски // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 2. С. 38–46.
19. Мяхишева Ю.В., Федосейкина И.В., Алешина Ю.А., Богданова Р.А., Михайлюк Н.А. Оценка влияния отработавших газов автомобилей на качество атмосферного воздуха Куйбышевского района г.о. Самара // OLYMPLUS. Гуманитарная версия. 2020. № 2 (11). С. 98–103.
20. Cichowicz R, Wielgosiński G, Fetter W. Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environ Monit Assess*. 2017;189(12):605. doi: 10.1007/s10661-017-6319-2
21. Тафеева Е.А., Иванов А.В., Титова А.А., Ахметзянова И.Ф. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха как фактора риска здоровью населения Казани // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 37–40.
22. Kahraman AC, Sivri N. Comparison of metropolitan cities for mortality rates attributed to ambient air pollution using the AirQ model. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;1-14. doi: 10.1007/s11356-021-18341-1
23. Курчанов В.И., Лим Т.Е., Чернявская И.В., Романчук В.П., Долгобородова Е.М. Анализ причинно-следственной связи между первичной заболеваемостью детского населения Санкт-Петербурга и уровнем загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 2 (263). С. 30–33.
24. Buoli M, Grassi S, Caldiroli A, et al. Is there a link between air pollution and mental disorders? *Environ Int*. 2018;118:154-168. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.044
25. Hautekiet P, Saenen ND, Demarest S, et al. Air pollution in association with mental and self-rated health and the mediating effect of physical activity. *Environ Health*. 2022;21(1):29. doi: 10.1186/s12940-022-00839-x
26. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One*. 2020;15(10):e0241415. doi: 10.1371/journal.pone.0241415
27. Березин И.И., Сергеев А.К. Загрязнение атмосферного воздуха как фактор развития болезней дыхательной системы // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 1 (298). С. 7–10. doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-7-10
28. Russell-Jones R. Air pollution in the UK: better ways to solve the problem. *BMJ*. 2017;357:j2713. doi: 10.1136/bmj.j2713
29. Amadou A, Praud D, Coudon T, et al. Chronic long-term exposure to cadmium air pollution and breast cancer risk in the French E3N cohort. *Int J Cancer*. 2020;146(2):341-351. doi: 10.1002/ijc.32257
30. future directions. *Curr Opin Pulm Med*. 2018;24(2):108-116. doi: 10.1097/MCP.0000000000000463
31. Berezin II, Semaeva EA The current state of air in the city with the intensive development of the oil refining industry. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(3(288)):18-22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-288-3-18-22
32. Suchkov VV, Semaeva EA. Relationship between maximum permissible concentrations and level of health risk for air pollutants. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(5):442-445. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-5-442-445
33. Myakisheva YuV, Svetlova GN, Fatenkov OV, Skazkina OYa, Fedoseikina IV, Bogdanova RA. [The relationship between disease prevalence and anthropogenic factors of the environment in the population of the urban district of Samara.] In: *Management Issues in the Development of the Primary Health Care System: Topical Issues of Hematology: Proceedings of the Scientific and Practical Conference, Samara, April 4, 2017*. Samara: Samara State Medical University Publ., 2017:267-270. (In Russ.)
34. Kolomin VV, Latyshevskaya NI, Kudryasheva IA, Eliseev YuYu. Organization of air basin monitoring according to the results of assessment of public health. *Saratovskiy Nauchno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2020;16(1):77-82. (In Russ.)
35. Zaitseva NV, Zemlyanova MA, Koldibekova YuV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Perezhogin AN, Kleyn SV. Evaluation of the aerogenic impact of priority chemical factors on the health of the child population in the zone of the exposure of aluminum enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):68-75. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-68-75
36. Sazonova OV, Isakova ON, Sukhacheva IF, Komarova MV. Habitat and incidence of respiratory organs diseases in the Samara population. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;93(4):33-36. (In Russ.)
37. Zhang C, Ding R, Xiao C, et al. Association between air pollution and cardiovascular mortality in Hefei, China: A time-series analysis. *Environ Pollut*. 2017;229:790-797. doi: 10.1016/j.envpol.2017.06.022
38. Liu Y, Wu J, Yu D, Hao R. Understanding the patterns and drivers of air pollution on multiple time scales: the case of Northern China. *Environ Manage*. 2018;61(6):1048-1061. doi: 10.1007/s00267-018-1026-5
39. Orru H, Ebi KL, Forsberg B. The interplay of climate change and air pollution on health. *Curr Environ Health Rep*. 2017;4(4):504-513. doi: 10.1007/s40572-017-0168-6
40. Kryazhev DA, Boev VM, Farkhutdinova KS, Medem DA. [Hygienic assessment of effects of airborne carcinogenic chemicals on the incidence of skin cancers.] *Al'manakh Molodoy Nauki*. 2016;(2):3-8. (In Russ.)
41. Coker E, Kizito S. A narrative review on the human health effects of ambient air pollution in Sub-Saharan Africa: an urgent need for health effects studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(3):427. doi: 10.3390/ijerph15030427
42. Sazonova OV, Suchkov VV, Isakova ON, Sudakova TV, Tupikova DS. Effect of anthropogenic load conditions self-purification of soil within the sanitary protection zone. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(5(278)):22-25. (In Russ.)
43. Larenas-Linnemann D, Romero-Tapia SJ, Virgen C, Mallol J, Baeza Bacab MA, Garcia-Marcos L. Risk factors for wheezing in primary health care settings in the tropics. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2020;124(2):179-184.e1. doi: 10.1016/j.anai.2019.11.008
44. Dong D, Xu X, Xu W, Xie J. The relationship between the actual level of air pollution and residents' concern about air pollution: evidence from Shanghai, China.

References

1. Bai L, Wang J, Ma X, Lu H. Air pollution forecasts: An overview. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(4):780. doi: 10.3390/ijerph15040780
2. Khilnani GC, Tiwari P. Air pollution in India and related adverse respiratory health effects: Past, present, and

- Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(23):4784. doi: 10.3390/ijerph16234784
17. Amegah AK. Proliferation of low-cost sensors. What prospects for air pollution epidemiologic research in Sub-Saharan Africa? *Environ Pollut*. 2018;241:1132-1137. doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.044
 18. Avaliani SL, Balter BM, Balter DB, Revich BA, Stal'naya MV, Faminskaya MV. [Analysis of health risks from air pollution by 15 oil refineries. Part I: Emissions and risks.] *Zashchita Okruzhayushchey Sredy v Neftegazovom Komplekse*. 2015;(2):38-46. (In Russ.)
 19. Myakisheva YuV, Fedoseikina IV, Aleshina YuA, Bogdanova RA, Mikhailyuk NA. Assessment of the influence of car exhaust gases on the quality of atmospheric air in the Kuibyshev district of Samara. *OLYMPPLUS. Gumanitarnaya Versiya*. 2020;(2(11)):98-103. (In Russ.)
 20. Cichowicz R, Wielgosiński G, Fetter W. Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environ Monit Assess*. 2017;189(12):605. doi: 10.1007/s10661-017-6319-2
 21. Tafeeva EA, Ivanov AV, Titova AA, Akhmetzyanova IF. Air pollutions as a risk factor for the population health in Kazan City. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(3):37-40. (In Russ.)
 22. Kahraman AC, Sivri N. Comparison of metropolitan cities for mortality rates attributed to ambient air pollution using the AirQ model. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;1-14. doi: 10.1007/s11356-021-18341-1
 23. Kurchanov VI, Lim TE, Chernyavskaya IV, Roman-chuk VP, Dolgoborodova EM. Analysis causal link between the primary child morbidity in Saint-Petersburg and levels of air pollution from motor vehicles emissions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(2(263)):30-33. (In Russ.)
 24. Buoli M, Grassi S, Caldiroli A, *et al*. Is there a link between air pollution and mental disorders? *Environ Int*. 2018;118:154-168. doi: 10.1016/j.envint.2018.05.044
 25. Hautekiet P, Saenen ND, Demarest S, *et al*. Air pollution in association with mental and self-rated health and the mediating effect of physical activity. *Environ Health*. 2022;21(1):29. doi: 10.1186/s12940-022-00839-x
 26. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One*. 2020;15(10):e0241415. doi: 10.1371/journal.pone.0241415
 27. Berezin II, Sergeev AK. Air pollution as a factor of development of respiratory system diseases. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(1(298)):7-10. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-298-1-7-10
 28. Russell-Jones R. Air pollution in the UK: better ways to solve the problem. *BMJ*. 2017;357:j2713. doi: 10.1136/bmj.j2713
 29. Amadou A, Praud D, Coudon T, *et al*. Chronic long-term exposure to cadmium air pollution and breast cancer risk in the French E3N cohort. *Int J Cancer*. 2020;146(2):341-351. doi: 10.1002/ijc.32257

