

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Фёдоров В.Н.^{1,2}, Тихонова Н.А.¹, Новикова Ю.А.¹, Ковшов А.А.^{1,2}, Историк О.А.³, Мясников И.О.³**ПРОБЛЕМЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург;²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург;³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, 192029, Санкт-Петербург

Введение. При гигиенической оценке качества атмосферного воздуха населённых мест актуальна оценка вклада предприятий в формирование уровней загрязнения и напрямую связанным с ними риском здоровью населения. Компьютерное моделирование загрязнения воздуха может существенно отличаться от результатов натурных исследований, внося искажения в ожидаемые уровни риска. Поэтому одним из проблемных этапов оценки риска здоровью населения можно считать именно этап оценки экспозиции.

Материал и методы. Изучалось загрязнение атмосферного воздуха в городах Ленинградской области – Выборге, Кириши, Тихвине, Гатчине. Сформирован перечень приоритетных предприятий-источников загрязнения атмосферы, от выбросов которых моделировались среднегодовые концентрации. Фактическое загрязнение воздуха изучалось по результатам мониторинга за 2015–2017 гг. На основании расчётов загрязнения атмосферы и натурных данных выполнялась оценка хронического не канцерогенного риска здоровью населения.

Результаты. В изученных городах не выявлено превышений приемлемого риска на основании расчётных концентраций, обусловленных выбросами предприятий. Аналогичные расчёты риска по данным фактических концентраций загрязнителей в воздухе (мониторинга), показали существенно более высокие значения, особенно в гг. Кириши и Выборге, преимущественно из-за железа, кадмия, марганца и меди. Эти загрязнители можно считать приоритетными для изученных городов ввиду обусловленного ими неприемлемо высокого уровня не канцерогенного риска.

Заключение. Неприемлемо высокие уровни риска от фонового загрязнения воздуха в гг. Кириши и Выборге обусловлены железом, кадмием и медью, которые практически отсутствуют в перечне выбросов предприятий этих городов. Это может быть вызвано как недостаточным учётом вклада потенциальных источников (включая автотранспорт), так и являться следствием погрешности лабораторных исследований. Целесообразно уделить внимание организации контроля качества атмосферного воздуха населённых мест, включив в перечень вышеперечисленные загрязнители.

Ключевые слова: оценка риска здоровью населения; атмосферный воздух; источники загрязнения; хронический неканцерогенный риск; социально-гигиенический мониторинг.

Для цитирования: Фёдоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населённых мест на примере городов Ленинградской области. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 657-664. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664>

Для корреспонденции: Фёдоров Владимир Николаевич, науч. сотр. отд. анализа, оценки и прогнозирования отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: vf1986@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Фёдоров В.Н., Новикова Ю.А.; сбор и обработка материала – Тихонова Н.А.; статистическая обработка – Ковшов А.А.; написание текста – Фёдоров В.Н.; редактирование – Историк О.А., Мясников И.О.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Fedorov V.N.^{1,2}, Tikhonova N.A.¹, Novikova Yu.A.¹, Kovshov A.A.^{1,2}, Istorik O.A.³, Myasnikov I.O.³**PROBLEMS OF OUTDOOR AIR QUALITY HYGIENIC ASSESSMENT IN THE CITIES OF THE LENINGRAD REGION**¹North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation;²I.I. Mechnikov North-West State Medical University, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation;³Regional Office of the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in Leningrad Oblast, 192029, St.-Petersburg, Russian Federation.

Introduction. The evaluation of the contribution of enterprises to the formation of levels of air pollution and the directly associated public health risk is of particular relevance during the hygienic assessment of outdoor air quality in populated areas. In this case, the results of computer simulation of concentrations in atmospheric air in many cases differ significantly from the results of field studies (monitoring), which can lead to a significant distortion of the expected risk levels. In this regard, the stage of exposure (impact) assessment as one of the problematic stages of the risk assessment for public health can be considered.

Material and methods. The object of the study was the level of air pollution in industrialized cities of the Leningrad Region - Vyborg, Kirishi, Tikhvin, Gatchina. There was delivered a list of priority enterprises-sources of air pollution in the studied cities, from the emissions of which the average annual air concentrations in populated areas were modeled. To assess the actual air pollution, the results of field studies (monitoring) for the period 2015-2017 were analyzed. Based on the results of the calculation of air pollution and field data, the calculation of chronic non-carcinogenic and carcinogenic risks to public health was performed.

Results. In all the cities studied, no exceeding the permissible values of risk was found on the basis of calculated average annual values of pollutants generated from the emissions of enterprises. At the same time, similar calculations of risk, made on the basis of actual concentrations of pollutants in the atmospheric air; according to long-term monitoring data, showed significantly higher values. The highest risk values, taking into account field data on the background level of atmospheric pollution, are typical for the cities of Kirishi and Vyborg, where the list of controlled pollutants is wider, due to including iron, cadmium, manganese and copper. These air pollutants can be considered a priority for the cities studied because of the unacceptably high level of non-carcinogenic risk caused by them.

Conclusion. Unacceptably high levels of non-carcinogenic risk from background air pollution in the cities of Kirishi and Vyborg are due to iron, cadmium, and copper, which are practically absent in the emission structure of enterprises in these cities. It may be due, on the one hand, to insufficient consideration of the contribution of all potential sources (including motor transport), and on the other hand, to be a consequence of the inaccuracy of laboratory research techniques. It is advisable to pay attention to the problem of organizing the monitoring of air quality in populated areas, including with the above pollutants.

Key words: risk assessment; outdoor air; pollution sources; carcinogenic inhalation risk; chronic non-carcinogenic risk; social and hygienic monitoring; industrial pollution sources.

For citation: Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kovshov A.A.², Istorik O.A., Myasnikov I.O. Problems of outdoor air quality hygienic assessment in the cities of the Leningrad region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 657-664. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664>

For correspondence: Vladimir N. Fedorov, MD, researcher, Section of analysis, assessment and prediction, Department of Human Environment and Population Health Study in Russian Arctic, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, E-mail: vf1986@mail.ru

Information about the author:

Fedorov V.N., <http://orcid.org/0000-0003-1378-1232>; Tikhonova N.A., <http://orcid.org/0000-0003-4895-4009>; Novikova Yu.A., <http://orcid.org/0000-0003-4752-2036>; Kovshov A.A., <http://orcid.org/0000-0001-9453-8431>

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Contribution: the concept and design – Fedorov V.N., Novikova Yu.A.; collection and processing of material – Tikhonova N.A.; statistical processing – Kovshov A.A.; writing text – Fedorov V.N.; editing by – Istorik O.A., Myasnikov I.O.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

Введение

Качество атмосферного воздуха в городских условиях традиционно является одним из ключевых факторов, напрямую влияющих на заболеваемость населения болезнями органов дыхания [1–3].

Одним из важных направлений социально-экономической политики Российской Федерации по обеспечению устойчивого роста численности населения и улучшению условий проживания и здоровья населения, является снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах¹.

Применение методологии оценки риска для здоровья населения позволяет провести анализ и составить прогноз гигиенической безопасности атмосферного воздуха населённых мест более объективно [4, 5]. Однако одним из проблемных этапов оценки риска для здоровья населения можно считать этап оценки экспозиции (воздействия). В соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04² при выполнении оценки риска по полной (базовой) схеме используются результаты мониторинга концентраций химических веществ в анализируемых объектах окружающей среды и/или данные, полученные на основе моделирования рассеивания загрязнителей за период не менее 3–5 лет с учётом инвентаризации выбросов.

Очевидное преимущество расчётного метода на основе моделирования рассеивания загрязнителей – его низкая затратность и возможность широкого моделирования концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) с определённым периодом осреднения в любой расчётной точке при известных параметрах выбросов источника, что исключает необходимость выполнения затратных мероприятий по мониторингу качества атмосферного воздуха [6–9].

При комплексном эколого-гигиеническом анализе городской среды обитания населения особую актуальность приобретает оценка вклада предприятий в формирование уровней загряз-

нения атмосферного воздуха и напрямую связанным с ними риском для здоровья населения [8–10]. Однако результаты компьютерного моделирования концентраций ЗВ в атмосферном воздухе от воздействия всех источников приоритетных предприятий во многих случаях существенно отличаются от результатов натурных исследований (мониторинга). Соответственно, расчётные значения уровней риска здоровью также могут существенно отличаться.

Цель работы – проведение сравнительного анализа результатов оценки риска здоровью населения от химического загрязнения атмосферного воздуха, выполненного с учётом различных подходов к оценке экспозиции на основе результатов мониторинга качества атмосферного воздуха и с применением моделирования рассеивания загрязнителей в атмосферном воздухе от промышленных источников выбросов.

Материал и методы

Для исследования были выбраны промышленно развитые города Ленинградской области: Выборг, Кириши, Тихвин, Гатчина. Основными критериями выбора было наличие в их границах крупных промышленных предприятий 1, 2, 3 классов в соответствии с классификацией³, а также организация мониторинга качества атмосферного воздуха.

По данным проектных материалов обоснования размеров санитарно-защитных зон (СЗЗ) и предельно-допустимых выбросов (ПДВ) проведена инвентаризация промышленных предприятий-источников загрязнения атмосферного воздуха. Для каждого города были выбраны с позиции воздействия на атмосферный воздух приоритетные предприятия 1, 2, 3 классов с заявленными в проектной документации валовыми выбросами ЗВ в атмосферный воздух свыше 1 т в год.

С целью выделения приоритетных ЗВ, выбрасываемых в атмосферный воздух в каждом из городов, было проведено ранжирование по показателю вклада в сравнительный индекс не канцерогенной (HRI) и канцерогенной опасности (HRIc). Кроме того, в перечень приоритетных загрязнителей были вклю-

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

² Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

³ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

чены все вещества, контролируемые ФБГУ «Северо-Западное УГМС» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» в атмосферном воздухе изученных городов на стационарных постах мониторинга (при их наличии в структуре выбросов предприятий).

С помощью программных продуктов серии «Эколог» с расчётными блоками «Стандарт» версии 4.60 и «Средние» версии 4.50 производства ООО «Фирма «Интеграл» было выполнено моделирование среднегодовых концентраций ЗВ в атмосферном воздухе. В качестве исходных данных использовались заявленные в проектных материалах параметры выбросов источников предприятий.

Для оценки степени достоверности исходных данных о фактических уровнях загрязнения атмосферного воздуха был проведён анализ организации лабораторного контроля качества атмосферного воздуха за период с 2015 по 2017 г. [11–13].

На основании результатов компьютерного моделирования и данных натурных лабораторных исследований качества атмосферного воздуха выполнялись расчёты хронического не канцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04. Значения референтных концентраций для хронического не канцерогенного воздействия (RfC) принимались в соответствии с Приложением 2 Руководства Р 2.1.10.1920–04, письмом ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора от 08.06.2012 № 08ФЦ/2363, а также базой данных IRIS Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) [14].

Результаты

Посредством инвентаризации существующих промышленных предприятий как загрязнителей атмосферного воздуха в изучаемых городах Ленинградской области выявилась возможность выделить 19 приоритетных предприятий 1, 2, 3 классов с валовым выбросом ЗВ каждым предприятием более 1 т в год:

- по г. Выборгу: ПАО «Выборгский судостроительный завод» (строительство различных судов гражданского назначения), ООО «Роквул-север» (производство негорючей теплоизоляции на основе минеральной ваты), ООО «ТехноНиколь-Выборг» (производство кровельных и гидроизоляционных материалов, полимерно-битумных вяжущих дорожных материалов, битумных мастик и праймеров), ООО «ХелкамаФорстеВиипури» (изготовление холодильных шкафов-витрин для предприятий торговли), ООО «Выборгский завод строительных материалов» (производство железобетонных изделий и конструкций; производство товарной арматуры; производство товарного бетона и раствора; фасовка цемента);
- по г. Гатчине: ЗАО «Гатчинский ССК» и ОАО «ЛСР. Железобетон-Северо-Запад» (производство железобетонных конструкций), МУП «Тепловые сети» г. Гатчина (производство пара и горячей воды, тепловой энергии);
- по г. Кириши: ООО «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез» (производство кокса и нефтепродуктов), ОГК-2 Киришская ГРЭС (обеспечение электрической энергией, газом и паром), ООО «Первый деревопропиточный завод» (обработка древесины), ООО «Киришский домостроительный комбинат», ООО «Терминал», ОАО «Специализированное ремонтно-строительное управление № 8» (строительство);
- по г. Тихвину: ЗАО «Тихвинский вагоностроительный завод» (производство железнодорожных вагонов), ЗАО «Тихвинский ферросплавный завод» (производство ферросплавов), ООО «Сведвуд-Тихвин» (производство мебели и прочей продукции).

При помощи анализа выбрасываемых предприятиями загрязнителей был сформирован перечень характерных для каждого города приоритетных загрязнителей, концентрации которых формируются в атмосферном воздухе за счёт деятельности предприятий:

- по г. Выборгу – 22 наименования: марганец и его соединения, меди оксид, хром шестивалентный, азота диоксид, аммиак, азот (II) оксид, сажа, сера диоксид, сероводород, угле-

род оксид, бензол, ксилол, этилбензол, бенз[а]пирен, фенол, ацетальдегид, формальдегид, керосин, масло минеральное нефтяное, пыль неорганическая: 70–20% SiO_2 ;

- по г. Гатчине – 35 наименований: дижелезотриоксид, магний оксид, марганец и его соединения, азота диоксид, азот (II) оксид, серная кислота, сажа, сера диоксид, углерод оксид, бензол, ксилол, стирол, толуол, этилбензол, бенз[а]пирен, бутан-1-ол (спирт н-бутиловый), метанол, этанол, фенол, этилацетат, ацетальдегид, формальдегид, уксусная кислота, бензин, керосин, масло минеральное, сольвент нафта, уайт-спирит, алканы C_{12} – C_{19} , эмульсол, взвешенные вещества, пыль неорганическая: 70–20% SiO_2 , корунд белый, пыль древесная, пыль полистирола;
- по г. Кириши – 34 наименования: диванадийпентоксид, никель, свинец, хром шестивалентный, азота диоксид, аммиак, азот (II) оксид, сажа, сера диоксид, сероводород, сероуглерод, углерод оксид, фтористые газообразные соединения, бутан, пентан, метан, смесь предельных углеводородов C_4H_4 – C_5H_{12} , смесь предельных углеводородов C_6H_{14} – C_8H_{18} , этан, бензол, ксилол, стирол, этилбензол, бенз[а]пирен (3,4-бензпирен), 1,2-дихлорэтан, тетрахлолэтилен, ацетальдегид, формальдегид, эпоксиэтан, акрилонитрил, керосин, алканы C_{12} – C_{19} , взвешенные вещества, диоксин;
- по г. Тихвину – 47 наименований: диалюминийтриоксид, дижелезотриоксид, кальций оксид, магний оксид, марганец, медь оксид, натрий гидроксид, хром шестивалентный, хрома трёхвалентные соединения, азота диоксид, азотная кислота, аммиак, азот (II) оксид, гидрохлорид (водород хлористый), серная кислота, сажа, сера диоксид, углерод оксид, дифосфорпентаоксид, фтористые газообразные соединения, фториды неорганические плохо растворимые, гексан, бенз[а]пирен, тетрахлолэтилен, хлороформ, тетрахлолметан, изопропиловый спирт, этанол, фенол, акролеин, ацетальдегид, бутилацетат, формальдегид, ацетон, уксусная кислота, триэтиламин, бензин, керосин, алканы C_{12} – C_{19} , эмульсол, взвешенные вещества, пыль неорганическая >70% SiO_2 , пыль неорганическая: 70–20% SiO_2 , пыль неорганическая: до 20% SiO_2 , пыль меховая, пыль абразивная, пыль мучная.

Как видно из рисунка, во всех изученных городах имеются как стационарные, так и маршрутные посты контроля, исследования в которых проводится ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» и ФБГУ «Северо-Западное УГМС».

Во всех исследуемых городах контроль качества атмосферного воздуха проводится по «полной программе» наблюдений на стационарных постах [11–13], что предполагает получение данных о среднесуточных концентрациях по следующим показателям:

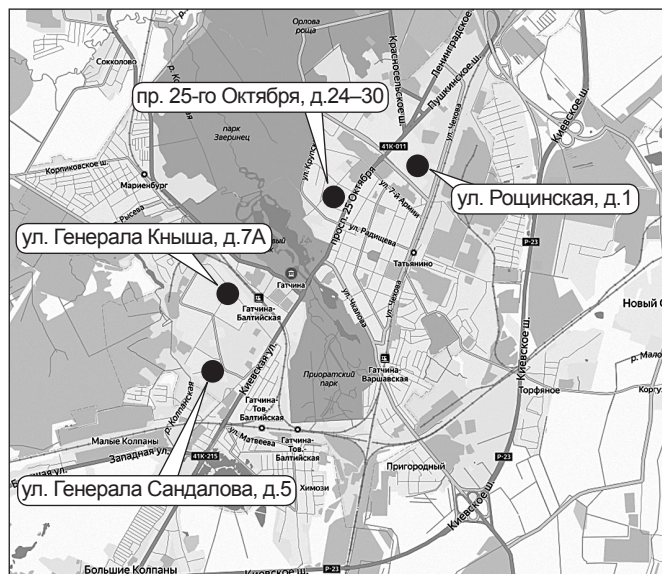
- г. Выборг – 12 показателей: взвешенные вещества, серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, бенз(а)пирен, никель, медь, железо, марганец, цинк, кадмий, свинец;
- г. Гатчина – 9 показателей: азота диоксид, бензол, взвешенные вещества, диметилбензол, метилбензол, сажа, серы диоксид, сероводород, углерода оксид;
- г. Кириши – 19 показателей: азот (II) оксид, азота диоксид, аммиак, бензол, взвешенные вещества, сероводород, ксилол, толуол, сера диоксид, углерода оксид, этилбензол, бенз[а]пирен, никель, медь, железо, марганец, цинк, кадмий, свинец;
- г. Тихвин – 8 показателей: азота диоксид, взвешенные вещества, марганец, серы диоксид, углерод оксид, цинк, хром, свинец.

Следует обратить внимание на различие в перечне контролируемых загрязнителей [11–13, 15].

Компьютерное моделирование среднегодовых концентраций ЗВ в воздухе, выполненное от совокупности всех источников приоритетных предприятий в изученных городах, показало отсутствие превышений как среднесуточных предельно-допустимых концентраций (ПДКсс), так и RfC для всех ЗВ, включённых в исследование. Кроме того, был выполнен анализ сопоставимости расчётных концентраций от источников приоритетных предприятий и фактических концентраций по данным мониторинга, результаты которого приведены в табл. 1.



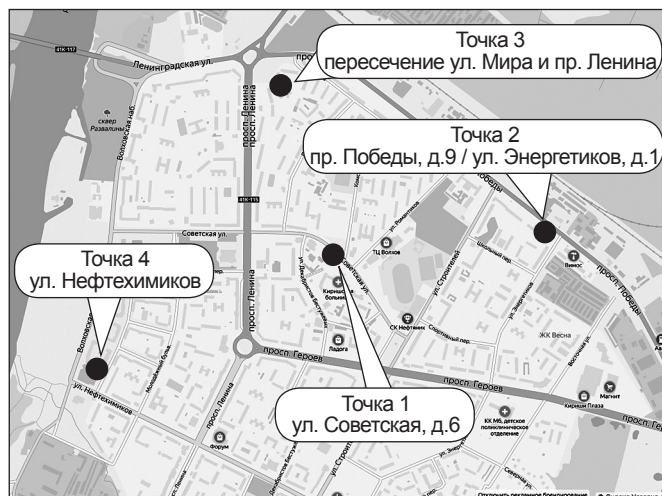
г. Выборг



г. Гатчина



г. Тихвин



г. Кириши

Расположение стационарных постов контроля качества атмосферного воздуха (мониторинга) в городах Тихвине, Гатчине, Выборге, Кириши.

Как видно из табл. 1, расчётные концентрации загрязняющих веществ от источников приоритетных предприятий существенно ниже фактических по данным мониторинга.

Расчёты хронического не канцерогенного и канцерогенного рисков, указанных ЗВ в атмосферном воздухе и формируемых за счёт выбросов промышленных предприятий, показали приемлемые значения риска. В частности, значения канцерогенного риска, обусловленного воздействием суммы канцерогенов, варьируют от 1,0Е-04 до 1,0Е-06, что относится ко второму диапазону риска и оценивается как приемлемый для проживания населения, не требующий принятия мер по его снижению, но подлежащий контролю в соответствии с положениями П 2.1.10.1920–04, рекомендациями Агентства по охране окружающей среды США (USEPA) и Международного агентства по изучению рака (МАИР, IARC) [16–18].

Значения хронического не канцерогенного риска (коэффициент опасности HQ , индекс опасности HI) для органов и систем организма человека от воздействия групп веществ, обладающих однонаправленным действием, во всех расчётных точках жилой застройки изученных городов не превышали приемлемой величины 1,0.

В то же время аналогичные расчёты риска, выполненные на основании фактических концентраций ЗВ в атмосферном воздухе, по данным многолетнего мониторинга, показали существенно более высокие значения (табл. 2).

Обсуждение

Среди изученных городов наибольшее число контролируемых характерно для гг. Кириши и Выборга. Наиболее часто контролируемые показателями можно считать сероводород, взвешенные вещества и углерод оксид в Кириши и азот (IV) диоксид, сера диоксид, взвешенные вещества и углерод оксид – в Выборге. Наиболее благоприятная с позиции ингаляционного риска гигиеническая обстановка наблюдается в г. Тихвине, о чём свидетельствуют приемлемые уровни риска как от суммы выбросов приоритетных предприятий, так и от фактических концентраций ЗВ по данным мониторинга, что отчасти может быть обусловлено узким перечнем контролируемых показателей.

Полученные расчётные и фактические по данным мониторинга концентрации обнаруживают низкую сходимость (см. табл. 1), расчётные значения риска от которых с учётом сумма-

Сравнение сходимости натуральных и расчётных концентраций (в мг/м³) загрязняющих веществ в воздухе изученных городов

Вещество	Город							
	Выборг		Кириши		Тихвин		Гатчина	
	натурные	расчётные	натурные	расчётные	натурные	расчётные	натурные	расчётные
Азот (II) оксид	Н/д	6,49E-03	1,26E-02	6,33E-04	Н/д	6,54E-04	Н/д	8,52E-06
Азот (IV) диоксид	4,24E-02	1,64E-03	2,04E-02	3,30E-04	6,45E-02	1,06E-04	6,08E-02	5,24E-05
Аммиак	Н/д	7,95E-03	2,70E-02	1,23E-05	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Бензол	Н/д	3,30E-05	1,38E-02	1,23E-03	Н/д	Н/д	Н/д	1,85E-10
Взвешенные вещества	1,31E-01	4,45E-03	1,30E-01	3,92E-05	8,98E-02	7,34E-05	8,78E-02	5,08E-07
Железо	6,10E+00	Н/д	3,75E+00	Н/д	Н/д	4,33E-06	Н/д	5,42E-07
Кадмий	3,22E-03	Н/д	3,33E-03	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Ксилол	Н/д	7,18E-05	1,20E-02	9,68E-04	Н/д	Н/д	Н/д	9,99E-07
Марганец	2,00E-02	3,43E-06	1,00E-02	Н/д	4,55E-05	0,00E+00	Н/д	6,64E-08
Медь	1,67E-02	5,16E-07	1,30E-01	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Никель	6,67E-03	Н/д	2,00E-02	6,20E-07	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Свинец	3,34E-03	Н/д	6,67E-03	2,40E-07	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Сера диоксид	2,00E-03	1,70E-02	1,50E-02	2,51E-03	1,02E-04	1,30E-04	3,38E-02	2,92E-07
Сероводород	Н/д	3,24E-05	7,00E-04	9,32E-05	Н/д	7,11E-06	Н/д	7,71E-09
Толуол	Н/д	Н/д	1,20E-07	8,40E-07	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Углерод оксид	1,17E+00	8,22E-03	6,90E-01	9,88E-04	1,18E+00	1,84E-03	4,50E-01	1,42E-04
Цинк	1,71E-03	Н/д	6,39E-04	Н/д	1,80E-06	Н/д	Н/д	Н/д
Этилбензол	Н/д	6,67E-06	0,00E+00	7,99E-05	Н/д	Н/д	Н/д	5,43E-11

Примечание. Здесь и в табл. 2: н/д – нет данных.

ции не дают высоких (неприемлемых) значений с разбросом от нескольких десятков раз до нескольких тысяч раз. Характерно, что все натурные данные оказались выше, чем расчётные. Это может быть обусловлено, с одной стороны, несовершенством расчётных моделей, а с другой, – недостаточным полным учётом источников загрязнения, в т. ч. автотранспорта.

Как видно из табл. 2, наиболее высокие значения риска характерны для г. Кириши и г. Выборга, которые обусловлены, главным образом, высокими концентрациями металлов (кадмия, марганца, меди, свинца, железа, никеля), контролируемых в этих городах. Анализ среднегодовых концентраций с применением среднесуточных предельно-допустимых концентрации (ПДК) позволяет констатировать существенное превышение гигиенических нормативов, причём для некоторых загрязнителей (свинец, железо) даже более существенно, чем при анализе с применением RfC . При этом в г. Тихвине и Гатчине эти загрязнители не контролируются, и оценить уровни риска от их концентраций невозможно либо, как в случае с марганцем в г. Тихвине, уровни риска не превышают приемлемого уровня 1,0.

Следует обратить внимание, что значения риска от воздействия других загрязнителей, контролируемых во всех изученных городах (взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота), находятся на сопоставимом уровне. Небольшое превышение приемлемого уровня риска от воздействия взвешенных веществ в г. Кириши, Выборг, Гатчина в целом характерны для большинства городов Российской Федерации [19–23].

Таким образом, загрязнение воздуха населённых мест вышеперечисленными металлами можно считать приоритетным фактором, обуславливающим формирование уровня ингаляционного риска для здоровья населения. Отсутствие данных об уровнях загрязнения воздуха городов Тихвин и Гатчина кадмием, медью и железом не позволяет сравнить качество атмосферного воздуха с позиции ингаляционного риска.

Отдельного внимания заслуживают сравнительно невысокие (приемлемые) уровни риска от воздействия загрязнителей, выбрасываемых приоритетными предприятиями, что не корре-

лирует с фактическими концентрациями ЗВ в атмосферном воздухе. Как было показано выше, указанные загрязнители либо вообще отсутствуют в структуре валовых выбросов приоритетных предприятий (кадмий), либо присутствуют в незначительных количествах (железо, никель, марганец), что может ставить под сомнение ключевую роль промышленных выбросов в формировании неприемлемо высоких концентраций таких загрязнителей в воздухе.

Наблюдаемая ситуация может быть обусловлена следующими причинами:

- некорректной или неполной инвентаризацией источников выбросов промышленных предприятий, что может являться причиной занижения валовых выбросов таких металлов, как железо, кадмий, марганец и медь [24];
- недостоверными результатами лабораторных исследований атмосферного воздуха, приводящими к завышенным или заниженным значениям риска [25];
- некорректным выбором места размещения постов наблюдения за загрязнением атмосферы [26];
- недостаточной периодичностью исследований атмосферного воздуха, что приводит к искажению результатов осреднения среднегодовых концентраций.

Авторы этой статьи считают необходимым обратить внимание на ряд неопределённостей:

1. В работе не учитывались такие существенные источники загрязнения атмосферного воздуха, как автотранспорт и морские суда (применительно к г. Выборгу, который является морским портом) ввиду объективных сложностей и погрешностей при проведении оценки объёмов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, хотя вклад автотранспорта в формирование загрязнения воздуха в городских условиях может быть существенным [27–32].

2. При выборе приоритетных с позиции воздействия на атмосферный воздух предприятий авторы руководствовались критерием объёма валовых выбросов свыше 1 т в год, поэтому возможен недоучёт небольших источников загрязнения атмос-

Таблица 2

Количество исследований атмосферного воздуха за изученный период (N), среднегодовые концентрации (C_{ср.}), концентрации в долях ПДК (дПДК) и расчётные значения неканцерогенного риска (коэффициенты загрязняющих веществ в изученных городах

Вещество	CAS	RfC, мг/м ³	ПДК с/с, мг/м ³	Город														
				Кирishi			Выборг			Тихвин			Гатчина					
				N	C _{ср.}	дПДК	N	C _{ср.}	дПДК	N	C _{ср.}	дПДК	N	C _{ср.}	дПДК			
Азот (II) оксид	10102-43-9	0,06	0,06	1764	0,013	0,21	0,210	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	
Азот (IV) диоксид	10102-44-0	0,04	0,04	1964	0,020	0,51	0,510	3620	0,0424	1,06	1,060	1334	0,065	0,48	1,613	273	0,061	1,52*
Аммиак	7664-41-7	0,1	0,04	1764	0,027	0,270	0,675	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Бензол	71-43-2	0,03	0,1	1968	0,014	0,46	0,138	64	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Взвешенные вещества	Н/д	0,075	0,15	5469	0,130	1,73*	0,865	1887	0,1313	1,75*	0,875	1334	0,090	0,63	0,599	273	0,088	1,17*
Сероводород	7783-06-4	0,002	0,008**	6736	0,001	0,35	0,088	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Ксенол	1330-20-7	0,1	0,2**	1946	0,012	0,12	0,060	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Железо	7439-89-6	0,6	0,04	48	3,750	6,25*	93,750*	36	6,1020	10,17*	152,550*	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Кадмий	7440-43-9	0,00002	0,0003	72	0,003	166,67*	11,111*	36	0,0032	161,24*	10,749*	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Марганец	7439-96-5	0,00005	0,00005	72	0,010	200*	10,000*	36	0,0200	400*	20,000*	0	0,00005	0,91	0,046	0	Н/д	Н/д
Медь	7440-50-8	0,00002	0,0002	72	0,130	6500*	65,000*	36	0,0167	833,33*	8,333*	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Толуол	108-88-3	5	0,6**	1946	0,000	0	0,000	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Никель	7440-02-0	0,00005	0,00005	48	0,020	400*	20,000*	36	0,0067	133,33*	6,667*	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Свинец	7439-92-1	0,0005	0,0003	72	0,007	13,33*	22,217*	36	0,0033	6,67*	11,117*	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д
Сера диоксид	7446-09-5	0,02	0,05	1976	0,015	0,75	0,300	3582	0,0020	0,1	0,040	1334	0,000	0,65	0,002	273	0,034	1,69*
Углерод оксид	630-08-0	3	3	5190	0,690	0,23	0,230	1718	1,1700	0,39	0,390	1334	1,181	0,06	0,394	273	0,450	0,15
Цинк	7440-66-6	0,0009	0,003	48	0,001	0,71	0,213	36	0,0017	1,9*	0,570	0	0,000002	0,002	0,001	0	Н/д	Н/д
Этилбензол	100-41-4	1	0,02	1746	0,000	0	0,000	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д	Н/д	0	Н/д	Н/д

Примечание. CAS – уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесённых в реестр Chemical Abstracts Service; * – значения с превышением приемлемого уровня риска; ** – для вещества принята ПДК максимальной разовой за отсутствием среднеуточной.

ферного воздуха (в т. ч. выбрасывающих медь, кадмий, марганец и цинк), например, небольших автомастерских со сварочными постами. Тем не менее, такая неопределённость несущественна, так как стационарные посты наблюдения за качеством атмосферного воздуха в изученных городах расположены преимущественно в центральной части города, где описанные источники выбросов отсутствуют.

3. Для корректной гигиенической оценки концентраций загрязнителей, осреднённых за длительный период (несколько лет) целесообразно применять среднегодовые ПДК, которых для изучаемых загрязнителей в Российской Федерации не разработано, что вынуждает либо применять зарубежные референтные концентрации, либо, при их отсутствии, использовать среднесуточные ПДК, что в ряде случаев может приводить к некорректной оценке.

Заключение

Выполненное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Моделирование среднегодовых концентраций ЗВ в атмосферном воздухе изученных городов Ленинградской области, обусловленных выбросами промышленных предприятий в изученных городах, и последующая оценка риска здоровью населения показали приемлемые уровни риска.

2. Анализ фактических среднегодовых концентраций ЗВ в атмосферном воздухе на основании данных мониторинга позволяет констатировать неприемлемо высокие уровни риска в городах Кириши и Выборг за счёт железа, кадмия, марганца и меди. В то же время эти ЗВ не были идентифицированы как приоритетные в выбросах предприятий или вообще отсутствовали в структуре выбросов.

3. Проведённый анализ сходимости расчётных и фактических (по данным мониторинга) концентраций показал крайне низкую сходимость результатов, что требует дальнейшего изучения применительно к данной ситуации.

4. Отсутствие в структуре выбросов приоритетных предприятий железа, кадмия, марганца и меди не позволяет сделать вывод о вкладе промышленных выбросов в формирование фонового уровня загрязнения атмосферы этими веществами.

5. Наблюдаемая ситуация может быть обусловлена недостаточным учётом вклада всех потенциальных источников (в том числе автотранспорта) и (или) являться следствием погрешности методик выполнения лабораторных исследований.

6. С большой вероятностью во всех изученных городах можно ожидать повышенные уровни загрязнения атмосферного воздуха такими металлами, как железо, кадмий, марганец, медь. Мониторинг данных ЗВ в атмосферном воздухе в большинстве населённых мест не проводится, однако, как показало настоящее исследование, их концентрации могут достигать значительных величин.

7. С учётом вышеизложенного, на наш взгляд, целесообразно обратить внимание на проблему организации стационарных постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха по расширенному перечню показателей на территории населённых пунктов, что позволило бы получать более объективные данные о концентрациях ЗВ с учётом длительного периода

осреднения (среднегодовые концентрации), которые являются более показательными с позиции хронического воздействия на здоровье человека.

Л и т е р а т у р а

(пп. 9, 17, 18 см. References)

- Фридман К.Б., Лим Т.Е., Шусталов С.Н. К вопросу гигиенической оценки транспортных загрязнений и влияния их на здоровье населения. *Экология человека*. 2012; (6): 43-7.
- Куролап С.А., Клепиков О.В. Методический подход к созданию системы медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра с применением геоинформационных технологий. *Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа: сборник научных статей*. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017; (6): 20.
- Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Ярушин С.В., Малых О.Л., Кузьмина Е.А. Управление санитарно-эпидемиологической обстановкой с использованием социально-гигиенического мониторинга и методологии оценки риска для здоровья населения. *Здоровье населения и среда обитания*. 2010; 212 (11):16-9.
- Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Горяев Д.В., Клейн С.В. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором. *Анализ риска здоровью*. 2016; (4). Available at: <http://journal.fcisk.ru/sites/journal.fcisk.ru/files/upload/article/197/health-risk-analysis-2016-4-1.pdf> (26.08.2018).
- Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., ред. *Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития*. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 738 с.
- Киселев А.В., Щербо А.П., Фридман К.Б. Организационно-методические аспекты применения методологии оценки риска в практической деятельности санэпидслужбы. *Гигиена и санитария*. 2002; (6): 81.
- Киселев А.В., Щербо А.П., Кислицын В.А., Новиков С.М. Сравнительный анализ расчетных методов определения средних ингаляционных экспозиционных нагрузок при оценке риска здоровью. *Гигиена и санитария*. 2006; (1): 42-4.
- Мишина А.Л. Использование методологии оценки риска для управления качеством атмосферного воздуха. *Здоровье населения и среда обитания*. 2009; 195 (6): 26-9.
- Кутепов Е.Н. *Методические основы оценки состояния здоровья населения при воздействии факторов окружающей среды*. М., 1995.
- Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2017 году». Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2017_g.pdf (26.02.2019).
- Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2016 году». Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_lo_v_2016_g.pdf (26.02.2019).
- Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2015 году». Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2015.pdf (26.02.2019).
- База данных IRIS Агентства по охране окружающей среды США (US EPA). Available at: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm?list_type=alpha (26.02.2019).
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.
- Новиков С.М., Курляндский Б.А., Рахманин Ю.А. и др. Применение факторов канцерогенного потенциала при оценке риска воздействия химических веществ: методические рекомендации /НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина РАМН, Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ, ММА им. И.М. Сеченова, Центр госсанэпиднадзора в г. Москве. М., 2001.
- Воронин С.А., Кацнельсон Б.А., Селезнева Е.А. Организация фракционного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами в России. *Гигиена и санитария*. 2007; (7): 60-3.
- Табакаев М.В., Артамонова Г.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2014; 69 (3-4): 55-60.

- Шишлова Т.М., Чугаева Н.А. Загрязнение приземного воздуха взвешенными веществами и тяжелыми металлами. *Сборник трудов конференции ДВФУ*. 2013: 158-59.
- Михалюк Н.С. Особенности гигиенической оценки взвешенных веществ при загрязнении атмосферного воздуха. *Санитарный врач*. 2010; (1): 55-6.
- Соколов С.М., Шевчук Л.М., Ганькин А.Н., Позняк И.С. К вопросу оценки риска здоровью населения загрязнения атмосферного воздуха. *Вестник ВГМУ*. 2015; 14 (4): 92-7.
- Винокуров М.В., Винокуров М.В., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Малых О.Л. Оценка качества атмосферного воздуха населенных мест расчетным методом в системе социально-гигиенического мониторинга. *Гигиена и санитария*. 2004; (5): 25.
- Клейн С.В. Опыт сопряжения расчетных и инструментальных данных при мониторинге атмосферного воздуха. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2011; (4): 26.
- Крушель Е.Г., Степанченко И.В., Степанченко О.В. О выборе состава параметров стационарных источников выброса загрязняющих веществ в атмосферу для приближенной модели диагностики нарушений нормативов ПДВ. *Проблемы региональной экологии*. 2012; (3): 21-4.
- Федоров В.Н., Зибарев Е.В., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Фридман К.Б., Слюсарева О.В. Гигиеническая оценка факторов риска здоровью населения городов-спутников мегаполиса на примере Ленинградской области. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (7): 614-9.
- Федоров В.Н., Зибарев Е.В., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Фридман К.Б., Слюсарева О.В. Вклад транспортного шума в формирование гигиенической обстановки среды обитания в городах-спутниках мегаполиса. В сборнике: *Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Под редакцией А.Ю. Поповой. 2017: 433-5.
- Лежнин В.Л., Коньшина Л.Г., Сергеева М.В. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда. *Гигиена и санитария*. 2014; (1): 83-6.
- Платунин А.В., Колнет И.В., Морковина Д.А. Оценка степени риска здоровью населения в условиях химического загрязнения атмосферного воздуха. *Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья*. 2014; (57): 172-6.
- Степанова Н.В., Святова Н.В., Сабирова И.Х., Косов А.В. Оценка влияния и риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта. *Фундаментальные исследования*. 2014; (10): 1185-90.
- Крушель Е.Г., Панфилов А.Э., Степанченко И.В., Степанченко О.В. Алгоритм оценки рассеивания вредных веществ в атмосфере от транспортного потока на автомагистрали города Камышина. *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2011; 9 (11): 29-32.

References

- Fridman K.B., Lim T.E., Shustalov S.N. On the hygienic assessment of transport pollution and its effect on population health. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2012; (6): 43-7. (In Russian).
- Kurolap S.A., Klepikov O.V. Methodical approach to creating a system of medical and environmental monitoring of a large industrial center using geoinformation technologies. *Medical and environmental diagnostics of the state of the environment of the city of Voronezh: a collection of scientific articles*. Voronezh: Publishing House "Scientific book", 2017; (6): 20. (In Russian).
- Kuzmin S.V., Gurvich V.B., Yarushin S.V., Malykh O.L., Kuzmina E.A. Management of sanitary and epidemiological situation using socio-hygienic monitoring and risk assessment methodology for public health. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Public health and habitat]*. 2010, 212 (11): 16-9. (In Russian).
- Zaitseva N.V., May I.V., Kir'yanov D.A., Goryaev D.V., Klein S.V. Current social-hygienic monitoring: present state and development outlook with respect to risk-based supervision. *Analiz riska zdorov'yu [Health Risk Analysis]*. 2016; (4). URL: <http://journal.fcisk.ru/sites/journal.fcisk.ru/files/upload/article/197/health-risk-analysis-2016-4-1.pdf> (26.08.2018). (in Russian).
- Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., eds. Health risk analysis in strategy of state social and economic development. *Perm': Perm' National Research Polytechnical University Publishers*, 2014. 738 p. (in Russian).
- Kiselev A.V., Scherbo A.P., Fridman K.B. Organizational and methodical aspects of the application of the risk assessment methodology in the prac-

- tical activity of sanitary-epidemiological services. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2002; (6): 81. (In Russian).
7. Kiselev A.V., Shcherbo A.P., Kislitsin V.A., Novikov S.M. Comparative analysis of methods for calculating the average inhalational exposure loads in the assessment of health risk. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2006; (1): 42-4. (In Russian).
 8. Mishina A.L. Using risk assessment methodology for atmospheric air quality control. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya [Population health and environment]*. 2009; (6): 26-9. (In Russian).
 9. De Ridder K., Viaene p., Van De Vel K., Brasseur O., Fierens F., Cheymol A. The impact of model resolution on simulated ambient air quality and associated human exposure. *Atmosfera*. 2014; 27 (4): 403-10.
 10. Kutepov E.N. Methodical basis for assessing the health status of the population when exposed to environmental factors. Moscow, 1995. (In Russian).
 11. Materials for the state report of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region in 2017. Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2017_g..pdf (26.02.2019). (In Russian).
 12. Materials for the state report of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region in 2016. Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_lo_v_2016_g..pdf (26.02.2019). (In Russian).
 13. Materials for the state report of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Leningrad region in 2015. Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast'_v_2015.pdf (26.02.2019). (In Russian).
 14. IRIS Database US EPA. Available at: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/atoz.cfm?list_type=alpha (26.02.2019).
 15. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017: State report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2018. 268 p. (in Russian).
 16. Novikov S.M., Kurlyandskiy B.A., Rakhmanin Yu.A. and others. The use of factors of carcinogenic potential in assessing the risk of exposure to chemicals: guidelines / NII ECH and GOS them. A.N. Sysina RAMS, Russian register of potentially hazardous chemical and biological substances, MMA them. THEM. Sechenov, Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance in Moscow. Moscow, 2001. (In Russian).
 17. Omidvarborna H., Baawain M., Al-Mamun A. Ambient air quality and exposure assessment study of the gulf cooperation council countries: a critical review. *The Science of the Total Environment*. 2018; 636: 437-48.
 18. Kutlar Joss M., Eeftens M., Gintowt E., Kappeler R., Künzli N. Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health*. 2017; 62 (4): 453-62.
 19. Voronin S.A., Katsnelson B.A., Selezneva Ye. A. Organization of fractional monitoring of ambient air pollution by suspended matter in Russia. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2007; (3): 60-3. (In Russian).
 20. Tabakaev M.V., Artamonova G.V. Particulate matter air pollution effects on the incidence of heart diseases among the urban population. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2014; 69 (3-4): 55-60. (In Russian). Available at: <https://doi.org/10.15690/vramn.v69.i3-4.996>
 21. Shishlova T.M., Chugaeva N.A. Surface air pollution with suspended solids and heavy metals. *Collection of articles of the FEFU conference*. 2013: 158-9. (In Russian).
 22. Mikhalyuk N.S. Features hygienic assessment of suspended solids in air pollution. *Sanitarnyy vrach [Sanitary doctor]*. 2010; (1): 55-6. (In Russian).
 23. Sokolov S.M., Shevchuk L.M., Gankin A.N., Poznyak I.S. On the issue of assessing the risk to public health of air pollution. *Vestnik VGMU [Bulletin of VSMU]*. 2015; 14 (4): 92-7. (In Russian).
 24. 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 [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2004; (5): 83-6. (In Russian).
 25. Klein S.V. Experience in interfacing the calculation and instrumental data during ambient air monitoring. *Zdravoohraneniye Rossijskoj Federacii [Public health of the Russian Federation]*. 2011; (4): 26.
 26. Krushel E.G., Stepanchenko I.V., Stepanchenko O.V. On the stationary atmosphere pollution sources parameters set choice for the approximate model of the pollution discharge normative values damages diagnostics. *Problemy regional'noj ekologii [Problems of regional ecology]*. 2012; (3): 21-4. (In Russian).
 27. Fedorov V.N., Zibarev E.V., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Fridman K.B., Sliusareva O.V. Hygienic assessment of health risk factors for population of megapolis/satellite towns by the example of Leningrad region. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 96 (7): 614-9. (In Russian).
 28. Fedorov V.N., Zibarev E.V., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Fridman K.B., Sliusareva O.V. The contribution of traffic noise to the formation of the hygienic environment of the habitat in the satellite cities of the metropolis. *In the collection: Topical issues of the organization of control and supervision of physical factors*. Materials of the All-Russian scientific-practical conference. Ed. by A.Yu. Popova. 2017: 433-5. (In Russian).
 29. Lezhnin V.L., Konshina L.G. Sergeeva M.V. Assessment of children's health risk posed by traffic-related air pollution as exemplified by the city of Salekhard. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2014; 93 (1): 83-6. (In Russian).
 30. Platunin A.V., Kolnet I.V., Morkovina D.A. Assessment of the degree of risk to public health in conditions of chemical pollution of atmospheric air. *Nauchno-meditsinskij vestnik Central'nogo Chernozem'ya*. 2014; (57): 172-6. (In Russian).
 31. Stepanova N.V., Svyatova N.V., Sabirova I.Kh., Kosov A.V. Assessment of the impact and risk to public health from air pollution by motor vehicle emissions. *Fundamental'nye issledovaniya [Basic research]*. 2014; (10): 1185-90. (In Russian).
 32. Krushel E.G., Panfilov A.E., Stepanchenko I.V., Stepanchenko O.V. Solving method of pollutant concentration distribution estimation in atmosphere by motor transports in the street of Kamyshin. *Proceedings of the Volgograd State Technical University*. 2011; 9 (11): 29-32. (In Russian).