COMMUNAL HYGIENE

© Коллектив авторов, 2022

УДК 614.71

Оценка риска здоровью городского населения с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе

Д.С. Исаев[1], Н.А. Мозжухина[2], Г.Б. Еремин[1], Н.Н. Крутикова[2]

[1]ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, ул. 2-я Советская, д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

[2]ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

Резюме

Введение. Для малых и средних городских поселений зачастую традиционно учет фоновых концентраций при расчете рассеивания выбросов загрязняющих веществ производится в соответствии с Временными рекомендациями, содержащими фоновые показатели и долгопериодные средние фоновые концентрации.

Цель исследования: оценить влияние учета фоновых долгопериодных средних концентраций загрязняющих веществ для поселений, на территории которых не ведутся регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, при расчете среднегодовых концентраций, проведении оценки риска здоровью населения.

Материалы и методы. На основе сведений из двух томов нормативов допустимых выбросов, действующих на период 2019–2025 годов, было выполнено ранжирование загрязняющих веществ. Из 38 выбрасываемых веществ одного предприятия и 51 другого выбрано 21 и 20 приоритетных веществ соответственно. Оценка риска выполнялась для хронического воздействия, на период всей жизни (70 лет) экспонируемого населения. Исследование было произведено одномоментно в 2022 году, в период действия томов нормативов допустимых выбросов.

Произведен расчет рассеивания загрязняющих веществ с применением унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» ООО «Фирма "Интеграл"». Определены концентрации двух веществ, для которых необходим учет фоновых значений. Выполнен расчет канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью населения без учета и с учетом фонового загрязнения воздуха. Определены значения суммарного канцерогенного риска и суммация коэффициентов опасности по действию на критические органы и системы.

Результаты. В результате проведения оценки риска для здоровья населения от выбросов предприятий городского поселения 1 и городского поселения 2 без использования фоновых долгопериодных средних концентраций были получены допустимые значения хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков. С использованием фоновых долгопериодных средних концентраций были получены недопустимые значения хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков.

Заключение. Выполнение оценки риска здоровью городского населения с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе ведет к получению недопустимых значений риска, в связи с чем является целесообразным изучить и учесть данную проблему в процессе актуализации руководства по оценке риска, чтобы исключить возникающие противоречия.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, фоновые долгопериодные средние концентрации, атмосферный воздух, среднегодовая ПДК.

Для цитирования: Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Крутикова Н.Н. Оценка риска здоровью городского населения с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 5. С. 23–31. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

Сведения об авторах:

✉ **Исаев** Даниил Сергеевич – младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: glok09@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9165-1399.

Мозжухина Наталья Александровна – к.м.н., доцент кафедры профилактической медицины и охраны здоровья ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: https://orcid/org/0000-0002-8051-097X.

Еремин Геннадий Борисович – к.м.н., руководитель отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1629-5435.

Крутикова Наталья Николаевна – к.м.н., доцент кафедры общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: Natalya.Krutikova@szgmu.ru; ORCID: https://orcid/org/0000-0003-1145-4780.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А.*; анализ правовых документов, полученных проектных материалов, оценка результатов: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Крутикова Н.Н.*; формирование выводов (заключения): *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.*; обзор литературных источников и формирование списка литературы: *Мозжухина Н.А., Крутикова Н.Н.*; подготовка рукописи: *Исаев Д.С., Мозжухина Н.А.* 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: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 01.04.22 / Принята к публикации: 14.04.22 / Опубликована: 31.05.22

Health Risk Assessment in Towns Based on Background Long-Term Concentrations of Ambient Air Pollutants

Daniel S. Isaev,[1] Natalia A. Mozzhukhina,[2] Gennadiy B. Yeremin,[1] Natalya N. Krutikova[2]

[1] North-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

[2] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

Summary

Introduction: For small and medium-sized towns, background concentrations of ambient air pollutants are traditionally used to estimate dispersion of the latter in accordance with Temporary Recommendations envisaging both background indicators and background long-term average concentrations.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

Objective: To assess the appropriateness of applying background long-term average concentrations of air pollutants to estimating average annual concentrations and assessing health risks in towns where regular ambient air monitoring data are not available.
Materials and methods: In 2022, we have ranked air pollutants based on information from two volumes of current permissible emission standards valid in 2019–2025. Of 38 chemicals emitted by an industrial enterprise and 51 by another, we selected 21 and 20 priority pollutants, respectively. Health risks in the population were assessed based on lifetime (70 years) chronic exposure estimates.
We established dispersion of air pollutants using the unified program for estimating atmospheric pollution "Ecologist", Integral LLC, St. Petersburg. Concentrations of two airborne chemicals, which background values should be considered, were determined. Both carcinogenic and non-carcinogenic health risks were assessed both including and excluding background air pollution levels. We evaluated total carcinogenic risks and summed up hazard coefficients by effect on target organs and systems.
Results: The findings of health risk assessment, which neglected background long-term average concentrations of airborne industrial pollutants, demonstrated acceptable levels of chronic carcinogenic and non-carcinogenic risks in both towns while the inclusion of those data resulted in unacceptable risks in Town 1.
Discussion: Health risk assessment for the urban population based on background long-term average concentrations of airborne industrial pollutants produces unacceptable risk levels. It is advisable to study this problem in the process of updating the risk assessment guidelines in order to eliminate contradictions.
Keywords: health risk assessment, background long-term average concentrations, air pollutants, average annual maximum permissible concentration.

For citation: Isaev DS, Mozzhukhina NA, Yeremin GB, Krutikova NN. Health risk assessment in towns based on background long-term concentrations of ambient air pollutants. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(5):23–31. (In Russ.) doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

Author information:
✉ Daniel S. **Isaev**, Junior Researcher, Department of Public Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; e-mail: glok09@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9165-1399.
Natalia A. **Mozzhukhina**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Preventive Medicine and Health Protection, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov; e-mail: Natalya.Mozzhukhina@szgmu.ru; ORCID: https://orcid/org/0000-0002-8051-097X.
Gennadiy B. **Yeremin,** Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Public Health Risk Analysis, North-West Public Health Research Center; e-mail: yeremin45@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1629-5435.
Natalya N. **Krutikova**, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of General and Military Hygiene, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov; e-mail: Natalya.Krutikova@szgmu.ru; ORCID: https://orcid/org/0000-0003-1145-4780.
Author contributions: study conception and design: *Yeremin G.B., Mozzhukhina N.A.*; analysis of legal documents, project materials, assessment of results: *Isaev D.S., Mozzhukhina N.A., Krutikova N.N.*; interpretation of results and conclusions: *Isaev D.S., Mozzhukhina N.A.*; literature review: *Mozzhukhina N.A., Krutikova N.N*; draft manuscript preparation: *Isaev D.S., Mozzhukhina N.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.
Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this work.
Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.
Received: April 1, 2022 / Accepted: April 14, 2022/ Published: May 31, 2022

Введение. Учету фоновых концентраций традиционно уделяется много внимания как применительно к проектным материалам нормативов допустимых выбросов (НДВ) и санитарно-защитных зон (СЗЗ), так и при совершенствовании социально-гигиенического мониторинга (СГМ), реализации национального проекта «Экология» [1–15].

Для предприятий 1-го и 2-го классов опасности в составе проекта СЗЗ должна быть выполнена оценка риска здоровью населения, в ходе которой проводится расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ. Известно, что загрязнение атмосферного воздуха вносит значимый вклад в заболеваемость и смертность среди населения, поэтому оценка этого загрязнения и его влияния является важным элементом санитарно-эпидемиологического надзора [20–25].

В соответствии с методическим пособием по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (п. 2.4)[1] при нормировании выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) конкретным хозяйствующим субъектом необходим учет фонового загрязнения, создаваемого выбросами других источников, не относящихся к рассматриваемому субъекту. Учет необходим для хозяйствующих субъектов, выбрасываемых ими загрязняющих веществ, концентрации которых на ближайшей жилой застройке превышают 0,1 предельной допустимой концентрации (ПДК).

Учет фоновых концентраций осуществляется исходя из фактических концентраций либо расчетных концентраций, полученных исходя из сводных данных загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта, в обоих случаях выданных уполномоченной организацией. Однако оба названных способа предназначены для установления фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов численностью более 100 тысяч жителей, при этом в рассматриваемых населенных пунктах имеются не только предприятия теплоэнергетики, легкая и пищевая промышленность, а также автотранспорт, но и крупные промышленные предприятия. Для малых и средних городских поселений зачастую традиционно учет фоновых концентраций производится в соответствии с Временными рекомендациями[2], содержащими фоновые показатели и долгопериодные средние фоновые концентрации.

В связи с введением в действие в 2018 г. методов расчетов рассеивания выбросов[3] проектные организации запрашивают фоновые концентрации

[1] Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: НИИ «Атмосфера», 2012.
[2] Временные рекомендации «Фоновые концентрации вредных (загрязняющих) веществ для городских и сельских поселений, где отсутствуют регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха» с новыми значениями фона взамен действующих на период 2019–2023 гг.
[3] Методы расчетов рассеивания выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273, зарегистрированы в Минюсте России 10.08.2017 № 47734.

вредных загрязняющих веществ, соответствующие длительному времени осреднения – долгопериодные средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Согласно Временным рекомендациям, которые подготовлены ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО»), на основе анализа и обобщения данных наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на сети Росгидромета за пятилетний период в городах с численностью населения 100 тыс. человек и менее впервые включают не только фоновые концентрации (максимально разовые концентрации примесей), но и долгопериодные концентрации. В таблице № 2 Временных рекомендаций указаны долгопериодные средние фоновые концентрации азота диоксида, азота оксида, серы диоксида, дигидросульфида, бенз(а) пирена, взвешенных веществ, углерода оксида, формальдегида. В ходе выполнения оценки риска здоровью населения от выбросов промышленных предприятий производится расчет долгопериодных средних концентраций загрязняющих веществ и сравнение полученных концентраций со среднегодовыми ПДК (ПДКс.г.). В связи с этим представляет интерес анализ особенностей учета фоновых долгопериодных концентраций в соответствии с Временными рекомендациями при расчете риска здоровью.

В ходе разработки проекта по оценке риска от выбросов загрязняющих веществ предприятия были получены среднегодовые концентрации по формальдегиду и сероводороду (H2S) границе жилой застройки с превышением 0,1 ПДК, в связи с чем встает вопрос об использовании фоновых долгопериодных средних концентраций.

Цель: оценить влияние учета фоновых долгопериодных средних концентраций загрязняющих веществ для поселений, на территории которых не ведутся регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, при расчете среднегодовых концентраций, проведении оценки риска здоровью населения.

Материалы и методы. Для обоснования использования фоновых концентраций были выбраны два городских поселения, в которых градообразующими являются предприятия газовой промышленности: городское поселение 1 и городское поселение 2. В этих поселениях присутствуют предприятия, обеспечивающие жизнедеятельность населения: теплоэнергетика, легкая и пищевая промышленность, а также автотранспорт.

Численность населения в городском поселении 1 – 30 000 человек, в городском поселении 2 – 10 000 человек. Расстояние до ближайшей жилой застройки – 550 метров и 700 метров соответственно. На основе сведений из двух томов НДВ, разработанных в 2019 году (таблица параметров выбросов ЗВ в воздух по предприятиям), которые утверждаются на 7 лет, было выполнено ранжирование ЗВ и определены приоритетные вещества в составе выбросов предприятий, для которых выполнялась оценка риска. Исследование было произведено одномоментно в 2022 году, в период действия томов нормативов допустимых выбросов. Оценка риска выполнялась в соответствии с руководством по оценке риска[4] на период всей жизни экспонируемого населения. Приоритетные вещества определялись по индексу сравнительной канцерогенной опасности (K), индексу сравнительной неканцерогенной опасности (HRI) и по величине валового выброса (B); по перечню «короткого списка» (C). Произведен расчет рассеивания ЗВ с применением унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог» ООО «Фирма “Интеграл”». В программе расчет производится согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

Точки расчета выбраны на ближайшей жилой застройке. На основе полученных концентраций выполнен расчет канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью населения без учета и с учетом фонового загрязнения воздуха. Фоновые концентрации выбраны согласно Временным рекомендациям. Хронический канцерогенный риск оценивался по беспороговой модели, хронический неканцерогенный риск оценивался по пороговой модели и сравнивался с допустимыми уровнями. Далее определялись значения суммарного канцерогенного риска и суммация коэффициентов опасности по действию на критические органы и системы.

Результаты. Приоритетные химические вещества, включенные в оценку риска, код, регистрационный номер CAS, причина включения в оценку риска и их ранг по индексам канцерогенной и неканцерогенной опасности по предприятиям представлены в табл. 1, 2.

Следующие вещества включены в оценку риска для городского поселения 1: диЖелезо триоксид, марганец и его соединения, свинец и его неорганические соединения, азота диоксид, аммиак, азот (II) оксид, углерод (пигмент черный), серы диоксид, дигидросульфид, углерода оксид, гидрофторид, метан, бензол, диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров), этилбензол, бенз(а)пирен, гидроксибензол, ацетальдегид, формальдегид, этантиол, керосин, взвешенные вещества, пыль древесная.

Следующие вещества включены в оценку риска для городского поселения 2: марганец и его соединения, свинец и его неорганические соединения, азота диоксид, аммиак, азот (II) оксид, углерод (пигмент черный), серы диоксид, дигидросульфид, углерода оксид, гидрофторид, метан, бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, гидроксибензол, ацетальдегид, формальдегид, этантиол, керосин, взвешенные вещества.

В табл. 3 представлены сведения о долгопериодных средних концентрациях ЗВ в мг/м^3 и в долях ПДК на границе ближайшей жилой застройки по предприятиям.

В городском поселении 1 выполняется условие C > 0,1 ПДК для дигидросульфида и формальдегида, следовательно, при расчете рассеивания выбросов должны быть учтены фоновые концентрации. В отмеченных городах не ведутся регулярные наблюдения за качеством атмосферного воздуха.

[4] Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», утверждено и введено в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г.

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

Таблица 1. **Перечень ЗВ, включенных в последующую оценку риска для городского поселения 1**

Table 1. **List of pollutants included in subsequent health risk assessment in Town 1**

Код / Code	CAS	Наименование вещества / Pollutant	Причина включения в список / Reason for inclusion	Ранг неканц. / Non-cancer hazard rank	Ранг канц. / Cancer hazard rank
123	1309-37-1	Оксид железа (III) / Iron oxide (III)	К / C	15	
143	7439-96-5	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	HRI	9	
301	10102-44-0	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	В, HRI, C /	1	
303	7664-41-7	Аммиак / Ammonia	В, C / E, L	12	
304	10102-43-9	Азот (II) оксид / Nitrogen monoxide	В, HRI / E, HRI	2	
328	1333-86-4	Углерод (пигмент черный) / Carbon black	В, К / E, C	13	2
330	7446-09-5	Серы диоксид / Sulfur dioxide	К, C / C, L	14	
333	7783-06-4	Дигидросульфид / Dihydrogen sulfide	В, HRI / E, HRI	5	
337	630-08-0	Углерода оксид / Carbon monoxide	В, HRI, C / E, HRI, L	4	
342	7664-39-3	Гидрофторид / Hydrogen fluoride	C / L	20	
410	74-82-8	Метан / Methane	В, HRI / E, HRI	3	
602	71-43-2	Бензол / Benzene	К, C / C, L	23	4
616	1330-20-7	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) / Xylene (all isomers)	К / C	30	
627	100-41-4	Этилбензол / Ethylbenzene	К / C	37	6
703	50-32-8	Бенз(а)пирен/ Benzo[a]pyrene	К, C / C, L	22	5
1071	108-95-2	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	К, HRI / C, HRI	5	
1317	75-07-0	Ацетальдегид / Acetaldehyde	К / C	16	3
1325	50-00-0	Формальдегид / Formaldehyde	В, К, HRI, C / E, C, HRI	7	1
1728	75-08-1	Этантиол / Ethanethiol	HRI	6	
2732	8008-20-6	Керосин / Kerosene	В/ E	10	
2936		Пыль древесная / Wood dust	В, К, HRI / E, C, HRI	8	

Таблица 2. **Перечень ЗВ, включенных в последующую оценку риска для городского поселения 2**

Table 2. **List of pollutants included in subsequent health risk assessment in Town 2**

Код / Code	CAS	Наименование вещества / Pollutant	Причина включения в список / Reason for inclusion	Ранг неканц. / Non-cancer hazard rank	Ранг канц. / Cancer hazard rank
143	7439-96-5	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	HRI	4	
184	7439-92-1	Свинец и его неорганические соединения / Lead and its inorganic compounds	К, C / C, L	27	5
301	10102-44-0	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	В, HRI, C / E, HRI, L	1	
303	7664-41-7	Аммиак / Ammonia	HRI, C / HRI, L	8	
304	10102-43-9	Азот (II) оксид / Nitrogen monoxide	В, HRI / E, HRI	2	
328	1333-86-4	Углерод (пигмент черный) / Carbon black	К / C	12	1
330	7446-09-5	Серы диоксид / Sulfur dioxide	C / L	13	
333	7783-06-4	Дигидросульфид / Dihydrogen sulfide	HRI	7	
337	630-08-0	Углерода оксид / Carbon monoxide	В, HRI, C / E, HRI, L	5	
342	7664-39-3	Гидрофторид / Hydrogen fluoride	C / L	20	
410	74-82-8	Метан / Methane	В, HRI / E, HRI	3	
602	71-43-2	Бензол / Benzene	К, C / C, L	21	3
627	100-41-4	Этилбензол / Ethylbenzene	К / C	46	7
703	50-32-8	Бенз(а)пирен/ Benzo[a]pyrene	К, C / C, L	39	6
1071	108-95-2	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	HRI	6	
1317	75-07-0	Ацетальдегид / Acetaldehyde	К / C	30	4
1325	50-00-0	Формальдегид / Formaldehyde	К, C, HRI / C, L, HRI	10	2
1728	75-08-1	Этантиол / Ethanethiol	HRI	9	
2732	8008-20-6	Керосин / Kerosene	В / E	11	
2902		Взвешенные вещества / Suspended particles	C / L	18	

Согласно временным рекомендациям фоновые долгопериодные средние концентрации для населенных пунктов с численностью населения от 10 до 50 тысяч человек по дигидросульфиду – 0,001 мг/м^3, по формальдегиду – 0,008 мг/м^3.

В составе заявленных вредных выбросов предприятия городского поселения 1 присутствуют 11 химических веществ, которые согласно санитарно-эпидемиологическим требования к условиям труда[5] и классификации МАИР обладают канцерогенным

[5] СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02.12.2020 № 40.

Таблица 3. **Долгопериодные средние концентрации на границе ближайшей жилой застройки**

Table 3. **Long-term average concentrations of chemicals on the border of the nearest residential area**

Код / Code	Наименование вещества / Pollutant	Городское поселение 1 / Town 1		Городское поселение 2 / Town 2	
		доли ПДК / Share of MPCan.av.	мг/м³ / mg/m³	доли ПДК / Share of MPCan.av.	мг/м³ / mg/m³
123	Оксид железа (III) / Iron oxide	0,001	4,64E-05	–	–
143	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	0,03	1,48E-06	0,065	3,25E-06
184	Свинец и его неорганические соединения / Lead and its inorganic compounds	–	–	0,0002	2,99E-08
301	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	0,058	0,0023	0,024	0,001
303	Аммиак / Ammonia	0,02	0,0008	0,061	0,0025
304	Азот (II) оксид / Nitrogen monoxide	0,018	0,0011	0,015	0,0009
328	Углерод (пигмент черный) / Carbon black	0,012	0,0003	0,013	0,0003
330	Серы диоксид / Sulfur dioxide	0,003	0,0001	0,003	0,0001
333	Дигидросульфид / Dihydrogen sulfide	0,224	0,0004	0,098	0,0002
337	Углерода оксид / Carbon monoxide	0,003	0,0095	0,003	0,0092
342	Гидрофторид / Hydrogen fluoride	1,93E-04	9,67E-07	9,01E-04	4,51E-06
410	Метан / Methane	0,002606	0,0307	0,001174	0,0587
602	Бензол / Benzene	1,51E-04	7,56E-07	0,002	1,06E-05
616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) / Xylene (all isomers)	9,45E-07	9,45E-08	–	–
627	Этилбензол / Ethylbenzene	5,00E-07	2,00E-08	1,98E-05	7,93E-07
703	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	2,12E-04	2,12E-10	6,47E-05	6,47E-11
1071	Гидроксибензол / Hydroxybenzene	0,038	0,0001	0,095	0,0003
1317	Ацетальдегид / Acetaldehyde	4,63E-04	2,32E-06	1,76E-05	8,77E-08
1325	Формальдегид / Formaldehyde	0,125	0,0004	0,07	0,0002
1728	Этантиол / Ethanethiol	0,0124606	6,23E-07	0,0016111	8,06E-08
2732	Керосин / Kerosene	2,02E-05	2,42E-05	8,34E-05	0,0001
2902	Взвешенные вещества / Suspended particles	–	–	0,001	8,44E-05
2936	Пыль древесная / Wood dust	5,049E-05	2,52E-05	–	–

действием на организм человека: диЖелезо триоксид, углерод (пигмент черный), серы диоксид, бензол, диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров), этилбензол, бенз(а)пирен, гидроксибензол, ацетальдегид, формальдегид и пыль древесная.

Дальнейшая оценка канцерогенного риска проводилась для веществ: углерод (пигмент черный), бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, ацетальдегид, формальдегид.

В составе заявленных вредных выбросов предприятия городского поселения 2 присутствуют 10 химических веществ, которые обладают канцерогенным действием на организм человека: диЖелезо триоксид, свинец и его неорганические соединения, углерод (пигмент черный), серы диоксид, бензол, диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров), этилбензол, бенз(а)пирен, ацетальдегид, формальдегид.

Дальнейшая оценка канцерогенного риска проводилась для веществ: свинец и его неорганические соединения, углерод (пигмент черный), бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, ацетальдегид, формальдегид.

При расчете рисков в городском поселении 1 без учета фоновых концентраций было получено следующее значение суммарного канцерогенного риска – $9{,}31 \times 10^{-6}$.

Расчетные значения хронического канцерогенного риска относятся ко второму диапазону риска, что соответствует предельно допустимому риску, т. е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Суммарное воздействие от выбросов ЗВ оценивали с учетом воздействия на критические органы и системы: кровь, развитие, сердечно-сосудистую систему (ССС), иммунную систему, почки, печень, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), красный костный мозг (ККМ), костную систему, центральную нервную систему (ЦНС), периферическую нервную систему (ПНС), зубы, глаза, репродуктивную и гормональную систему, а также оказывать системное действие на организм человека и вызывать дополнительную смертность.

Анализ суммарных значений хронического неканцерогенного риска позволил установить, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем определены органы дыхания, ЦНС, глаза, ЖКТ.

Максимальные значения суммарного хронического неканцерогенного риска на границе жилой зоны соответствуют:

– при воздействии на органы дыхания на границе жилой зоны – 5,19E-01;

– при воздействии на глаза на границе жилой зоны – 3,49E-01;

– при воздействии на ЦНС на границе жилой зоны – 2,65E-01;

– при воздействии на ЖКТ на границе жилой зоны – 2,42E-01.

Значения суммарных индексов опасности при комбинированном воздействии приоритетных

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

загрязнителей регистрируют приемлемый уровень риска на территории жилой застройки при воздействии на все критические органы и системы органов (допустимый уровень – менее 1,0).

При расчете рисков в городском поселении 2 без учета фоновых концентраций было получено следующее значение суммарного канцерогенного риска – $2{,}83 \times 10^{-6}$.

Расчетные значения хронического канцерогенного риска относятся ко второму диапазону риска, что соответствует предельно допустимому риску, т. е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Суммарное воздействие от выбросов ЗВ оценивали с учетом воздействия на критические органы и системы: органы дыхания, кровь, зубы, развитие, почки, печень, ССС, репродуктивную систему, гормональную систему, иммунную систему, ЖКТ, ПНС, ЦНС, костную систему, глаза, а также оказывать системное действие на организм человека и вызывать дополнительную смертность.

Анализ суммарных значений хронического неканцерогенного риска позволил установить, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем определены ЦНС, органы дыхания, глаза, ССС.

Максимальные значения суммарного хронического неканцерогенного риска на границе жилой зоны соответствуют:

– при воздействии на органы дыхания на границе жилой зоны – 2,91E-01;

– при воздействии на глаза на границе жилой зоны – 1,66E-01;

– при воздействии на ЦНС на границе жилой зоны – 1,58E-01;

– при воздействии на ССС на границе жилой зоны – 1,49E-01.

Значения суммарных индексов опасности при комбинированном воздействии приоритетных загрязнителей регистрируют приемлемый уровень риска на территории жилой застройки при воздействии на все критические органы и системы органов (допустимый уровень – менее 1,0).

При расчете рисков в городском поселении 1 с учетом фоновых концентраций было получено следующее значение суммарного канцерогенного риска – $1{,}09 \times 10^{-4}$.

Полученные значения хронического канцерогенного риска на ближайшей жилой застройке относятся к третьему диапазону риска, который приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий.

Суммарное воздействие от выбросов ЗВ оценивали с учетом воздействия на критические органы и системы: органы дыхания, иммунную систему, развитие, ССС, ЖКТ, ККМ, костную систему, почки, печень, ПНС, ЦНС, кровь, зубы, глаза, репродуктивную и гормональную систему, а также оказывать системное действие на организм человека и вызывать дополнительную смертность.

Анализ суммарных значений хронического неканцерогенного риска позволил установить, что в качестве наиболее уязвимых критических органов и систем определены органы дыхания, глаза, иммунная система, ЦНС.

Максимальные значения суммарного хронического неканцерогенного риска на границе жилой зоны соответствуют:

– при воздействии на органы дыхания на границе жилой зоны – 3,46;

– при воздействии на глаза на границе жилой зоны – 3,17;

– при воздействии на иммунную систему на границе жилой зоны – 2,67;

– при воздействии на ЦНС на границе жилой зоны – 5,64E-01.

Значения суммарных индексов опасности при комбинированном воздействии приоритетных загрязнителей регистрируют неприемлемый уровень риска на территории жилой застройки при воздействии на критические органы и системы органов (допустимый уровень – менее 1,0).

Обсуждение. Сразу же после утверждения Временных рекомендаций в среде разработчиков проектной документации возникла дискуссия, нашедшая отражение на экологических форумах, где отмечалось, что значения фоновых долгопериодных концентраций по ряду веществ таковы, что их учет неминуемо будет приводить к неприемлемым значениям риска здоровью населения.

Хочется отметить, что дискуссия имела место еще до выхода гигиенических нормативов и требований к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания[6]. В ряде работ обращалось внимание на то, что собственно расчет риска от фоновых показателей дает недопустимые значения [16–18].

С уважением относясь к положению, заявленному во Временных рекомендациях, что «в качестве самостоятельной характеристики уровня загрязнения атмосферы фоновая концентрация не применяется, она не сравнивается с ПДК», мы все-таки взяли на себя смелость представить указанные в документе значения фоновых долгопериодных средних концентраций в мкг/м^3 и в долях ПДКс.с. и ПДКс.г., указанные в документе значения фоновых долгопериодных средних концентраций в мкг/м^3 и в долях ПДКс.с. и ПДКс.г.

Мы видим превышение фоновыми значениями ПДКс.г. для городских поселений с численностью населения менее 10 тысяч человек по бенз(а)пирену в азиатской части России – 1 ПДК, величины более 0,5 ПДК по взвешенным веществам, диоксиду азота и бензпирену в европейской части России.

Для городских поселений с численностью населения от 10 до 50 тысяч человек по взвешенным веществам – 1,27 ПДК, формальдегиду – 2,67 ПДК, бензпирену в европейской части России – 1 ПДК, бензпирену в азиатской части – 2,6 ПДК, величины более 0,5 ПДК по диоксиду азота и сероводороду.

Для городских поселений с численностью населения от 50 до 100 тысяч человек по взвешенным веществам – 1,31 ПДК, формальдегиду – 3 ПДК, бензпирену в азиатской части России –

[6] СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 2.

2,8 ПДК, величины более 0,5 ПДК по диоксиду азота, сероводороду и бензпирену в европейской части России.

Вполне понятна позиция Роспотребнадзора, отраженная в письме об использовании в работе среднегодовых предельно допустимых концентраций[7], в котором представлены разъяснения о том, что среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДКс.г.) не используются в настоящее время при расчетах санитарно-защитных зон и обосновании нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Научные публикации отражают исследования по обоснованию параметров оценки риска и среднегодовых ПДК по критериям допустимого риска [19, 20]. В 2023 году заканчивается срок действия Временных рекомендаций, к моменту разработки нового документа крайне важно принять актуализированное Руководство по оценке риска, которое в том числе поможет снять возникшие серьезные противоречия, которые на сегодня зачастую разрешаются при выполнении проектных работ обоснованием отсутствия необходимости учета фоновых концентраций, что традиционно демонстрировалось в проектной документации для бензпирена.

Заключение. В результате проведения оценки риска для здоровья населения от выбросов предприятий городского поселения 1 и городского поселения 2 без использования фоновых долгопериодных средних концентраций были получены допустимые значения хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков. При проведении оценки риска для здоровья населения от выбросов предприятия городского поселения 1 с использованием фоновых долгопериодных средних концентраций были получены недопустимые значения хронического канцерогенного и неканцерогенного рисков. Использование фоновых значений средних долгопериодных концентраций, представленных во Временных рекомендациях в процедуре оценки риска для здоровья населения, ведет к получению недопустимых значений риска, в связи с чем является целесообразным изучить и учесть данную проблему в процессе актуализации руководства по оценке риска, чтобы исключить возникающие противоречия.

Список литературы

1. Ахтямова Л.А., Ситдикова И.Д., Мешков А.В., Имамов А.А., Иванова М.К., Фадеева С.А. Оценка риска здоровью населения в зоне влияния выбросов химического производства // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 9 (306). С. 43–48. doi: 10.35627/2219-5238/2018-306-9-43-48
2. Голиков Р.А., Кислицина В.В., Суржиков В.В., Олещенко А.М., Мукашева М.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка // Медицина труда и промышленная экология. 2019. Т. 59. № 6. С. 348–352. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352
3. Май И.В., Загороднов С.Ю. Обоснование программы производственного контроля пыли на границе санитарно-защитной зоны с учетом профиля выбросов предприятия. Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 11. С. 45–49.
4. Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю., Цинкер М.Ю. Гигиеническая оценка ситуации и анализ риска здоровью населения как информационная основа организации мониторинга и формирования комплекса планов воздухоохранных мероприятий Федерального проекта «Чистый воздух» // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 10. С. 1043–1051. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1043-1051
5. Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицина В.А., Сницина О.О. Практика применения оценки риска здоровью в Федеральном проекте «Чистый воздух» в городах участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 890–896. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896
6. Суржиков Д.В., Кислицина В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А. Опыт применения статистико-математической технологии для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения в крупном промышленном центре // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 7. С. 663–667. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
7. Гурвич Б.В., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга атмосферного воздуха в рамках реализации Федеральной программы «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9(330). С. 38–47. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
8. Зайцева Н.В., Май И.В. Основные итоги, перспективы применения и совершенствования оценки риска здоровью населения сибирских городов – участников проекта «Чистый воздух» (Братск, Норильск, Красноярск, Чита) //Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 519–527. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527
9. Май И.В., Клейн С.В., Вековишина С.А., Балашов С.Ю., Четверкина К.В., Цинкер М.Ю. Риск здоровью населения Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 528–534. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534
10. Май И.В., Вековишина С.А., Клейн С.В., Балашов С.Ю., Андришунас А.В., Горяев Д.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: практический опыт выбора химических веществ для информационного состояния анализа качества атмосферного воздуха Норильска // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 8. С. 766–772. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
11. Жижин Н.Н., Дьяков М.С., Ходяшев М.Б. Анализ средств управления качеством атмосферного воздуха в условиях города Перми // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 50–59. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.05
12. Киселев А.В., Григорьева Я.В. Применение результатов расчета загрязнения атмосферного воздуха для социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 4. С. 306–309. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-306-309
13. Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б., Комбарова М.Ю., Мозжухина Н.А., Никонов В.А. Особенности санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов санитарно-защитных зон // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 10 (259). С. 53–55.
14. Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Еремин Г.Б., Волкодаева М.В., Наумов И.А. Проектирование и организация санитарно-защитных зон в Российской Федерации. Прошлое, настоящее и будущее // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2017. Т. 12. № 2. С. 749–754.
15. Горбанев С.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б. Мозжухина Н.А., Копытенкова О.И., Карелин А.О. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха в районе расположения предприятия по производству минеральных удобрений // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 755–761. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-755-761

[6] Письмо № 02/26481-2021-32 «Об использовании в работе среднегодовых предельно допустимых концентраций».

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-5-23-31

16. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А. Мясников И.О. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населенных мест на примере городов Ленинградской области // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 6. С. 657–664. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664
17. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б., Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 82–86. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
18. Кислицина В.В., Ликонцева О.И., Суржиков Д.В., Голиков Р.А. Оценка риска воздействия атмосферных выбросов обогатительной фабрики на здоровье населения // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 3. С. 184–188. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-3-184-188
19. Зайцева Н.В., Шур П.З., Четверкина К.В., Хасанова А.А. Совершенствование методических подходов к обоснованию среднегодовых предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест по критериям допустимого риска здоровью человека // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 39-48. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.05
20. Шур П.З., Зайцева Н.В., Хасанова А.А. Четверкина К.В., Ухабов В.М. Разработка параметров для оценки неканцерогенного риска при хроническом ингаляционном поступлении бензола и среднегодовой ПДК бензола по критериям риска для здоровья населения // Анализ риска здоровью. 2021. № 4. С. 42-49. doi: 10.21668/health.risk/2021.4.04
21. World Health Organization. *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. WHO; 2021. Accessed May 24, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329
22. Hassan Bhat T, Jiawen G, Farzaneh H. Air pollution health risk assessment (AP-HRA), principles and applications. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1935. doi: 10.3390/ijerph18041935
23. World Health Organization. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. WHO; 2016. Accessed May 24, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141
24. World Health Organization. *Health Risk Assessment of Air Pollution. General Principles*. WHO Regional Office for Europe; 2016. Accessed May 24, 2022. https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016
25. European Environment Agency. *Air Quality in Europe – 2020 Report*. EEA Report No. 09/2020. Copenhagen: EEA; 2020. Accessed May 24, 2022. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report

References

1. Ahtiamova LA, Sitdikova ID, Meshkov AV, Imamov AA, Ivanova MK, Fadeeva SA. Health risk assessment of the population in a zone of influence of chemical production. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(9(306)):43-48. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-306-9-43-48
2. Golikov RA, Kislitsyina VV, Surzhikov DV, Oleshchenko AM, Mukasheva MA. Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(6):348-352. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352
3. May IV, Zagorodnov SYu. Basis of program for occupational control of dust at borderline of sanitary protective zone, with consideration of enterprise discharges profile. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2017;(11):45-49 (In Russ.)
4. May IV, Kleyn SV, Maksimova EV, Balashov SYu, Tsinker MYu. Hygienic assessment of the situation and analysis of the health risk of the population as an information basis for the organization of monitoring and the formation of complex plans for air protection measures of the federal project "Clean Air". *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(10):1043-1051. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1043-1051
5. Kuzmin SV, Avaliani SL, Dodina NS, Shashina TA, Kislitsin VA, Sinitsyna OO. The practice of applying health risk assessment in the federal project "Clean Air" in the participating cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): problems and prospects. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(9):890-896 (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896
6. Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Shtaiger VA, Golikov RA. Experience in using statistical and mathematical technologies to assess the impact of atmospheric pollution on public health in a large industrial center. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(7):663-667. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
7. Gurvich BV, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, *et al.* Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):38-47. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47
8. Zaitseva NV, May IV. Main results, prospects of application and improvement of the health risk assessment of the population of Siberian cities – participants of the "Clean air" project (Bratsk, Norilsk, Krasnoyarsk, Chita). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(5):519-527. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-519-527
9. May IV, Kleyn SV, Vekovishina SA, Balashov SYu, Chetverkina KV, Tsinker MYu. Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(5):528-534. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534
10. May IV, Vekovishina SA, Kleyn SV, Balashov SYu, Andrishunas AM, Goryaev DV. "Pure air" Federal project: practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(8):766-772. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
11. Zhizhin NN, D'yakov MS, Khodyashev MB. Analysis of tools aimed at managung ambient air qyality in Perm city. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):50-59. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.05.eng
12. Kiselev AV, Grigoreva YaV. The use of results of the calculation of atmospheric pollution for the social hygienic monitoring. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(4):306-309. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-306-309
13. Lomtev AYu, Eremin GB, Kombarova MYu, Mozzhukhina NA, Nikonov VA. Particular qualities of sanitary-epidemiological examination of sanitary protection zones. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(10(259)):53-56. (In Russ.)
14. Lomtev AYu, Karelin AO, Eremin GB, Volkodaeva MV, Naumov IA. [Design and organization of sanitary protection zones in the Russian Federation. Past, present and future]. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2017;12(2):749-754. (In Russ.)
15. Gorbanev SA, Markova OL, Yeremin GB, Mozzhukhina NA, Kopytenkova OI, Karelin AO. Features of hygienic assessment of atmospheric air quality in the area of the location of the enterprise for the production of mineral fertilizers. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(8):755-761. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-755-761
16. Fedorov VN, Tikhonova NA, Novikova YuA, Kovshov AA, Istorik OA, Myasnikov IO. Problems of outdoor air quality hygienic assessment in the cities of the Leningrad region. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(6):657-

664. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664
17. Karelin AO, Lomtev AYu, Volkodaeva MV, Yeremin GB. The improvement of approaches to the assessment of effects of the anthropogenic air pollution on the population in order to management the risk for health. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(1):82-86. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86
18. Kislitsyna VV, Likontseva YuS, Surzhikov DV, Golikov RA. Risk assessment of the impact of atmospheric emissions from a preparation plant on population health. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(3):184-188. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-3-184-188
19. Zaitseva NV, Shur PZ, Chetverkina KV, Khasanova AA. Developing methodical approaches to substantiating average annual maximum permissible concentrations of hazardous substances in ambient air in settlements as per acceptable health risk. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):38-47. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.05.eng
20. Shur PZ, Zaitseva NV, Khasanova AA, Chetverkina KV, Ukhabov VM. Establishing indicators for assessing non-carcinogenic risks under chronic inhalation exposure to benzene and average annual MPC for benzene as per health risk criteria. *Health Risk Analysis*. 2021;(4):42-49. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2021.4.04.eng
21. World Health Organization. *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*. WHO; 2021. Accessed May 24, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329
22. Hassan Bhat T, Jiawen G, Farzaneh H. Air pollution health risk assessment (AP-HRA), principles and applications. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1935. doi: 10.3390/ijerph18041935
23. World Health Organization. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. WHO; 2016. Accessed May 24, 2022. https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141
24. World Health Organization. *Health Risk Assessment of Air Pollution. General Principles*. WHO Regional Office for Europe; 2016. Accessed May 24, 2022. https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016
25. European Environment Agency. *Air Quality in Europe — 2020 Report*. EEA Report No. 09/2020. Copenhagen: EEA; 2020. Accessed May 24, 2022. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report