



Научная статья

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И РИСК РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ГОРОДА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Т.Н. Растокина, А.А. Пешкова, Т.Н. Унгурияну

Северный государственный медицинский университет, Российская Федерация, 163069, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51

Наиболее частыми причинами преждевременной смертности, связанными с загрязнением воздуха, являются сердечно-сосудистые заболевания. В Архангельской области смертность населения от болезней системы кровообращения выше, чем в целом по стране. Осуществлена оценка качества атмосферного воздуха в г. Архангельске и связанный с ним ущерб здоровью взрослого населения.

Использованы данные мониторинга атмосферного воздуха в г. Архангельске за 2011–2022 гг. Проанализированы среднегодовые концентрации 23 загрязняющих веществ и первичная заболеваемость по классу «Болезни системы кровообращения». Рассчитаны коэффициенты опасности при хроническом ингаляционном воздействии (HQ), индекс опасности (HI) для сердечно-сосудистой системы, число атрибутивных исходов, связанных с воздействием PM_{10} и $PM_{2,5}$.

За изучаемый период среднесезонная концентрация большинства загрязняющих веществ соответствовала гигиеническим нормативам. Установлено, что средние концентрации формальдегида, хрома, меди и бензола превышали ПДК в 1,5–2,3 раза. Выявлено превышение допустимого уровня коэффициента опасности для формальдегида (HQ = 2,3), меди (HQ = 1,8) и $PM_{2,5}$ (HQ = 1,7). Для сердечно-сосудистой системы риск развития общетоксических эффектов определен как высокий (HI = 6,6). Основной вклад в уровень риска вносят медь и $PM_{2,5}$. Число атрибутивных исходов первичной заболеваемости БСК среди взрослого населения г. Архангельска, связанных с воздействием PM_{10} и $PM_{2,5}$, составило 10,7 и 2,9 % случаев в год соответственно. Наибольший ущерб при воздействии $PM_{2,5}$ обусловлен развитием ишемической болезни сердца и составляет 1,9 % случаев в год.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, болезни системы кровообращения, первичная заболеваемость, оценка риска здоровью, коэффициент опасности, индекс опасности, ущерб здоровью.

Загрязнение воздуха во всем мире в настоящее время остается серьезной угрозой для здоровья человека. Учитывая накопленный объем научных данных о вреде загрязнения воздуха, ВОЗ в 2021 г. опубликовала новые глобальные рекомендации по качеству воздуха, в которых проведен анализ, показывающий, что около 80 % случаев смерти от воздействия $PM_{2,5}$ можно предотвратить за счет снижения концентраций данной примеси до установленного уровня¹.

На территории Российской Федерации в 2022 г. 40 городов с общей численностью населения 10,4 млн человек имели очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха с индексом загрязнения атмосферы (ИЗА) ≥ 14 , в 2021 г. в этот список входило 33 города. В целом по стране 49 % городского населения проживает в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферы. В России общий объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2022 г.

© Растокина Т.Н., Пешкова А.А., Унгурияну Т.Н., 2024

Растокина Татьяна Николаевна – аспирант кафедры гигиены и медицинской экологии, врач-кардиолог (e-mail: dr.sokurenkotatiana@gmail.com; тел.: 8 (909) 552-79-99; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8074-9075>).

Пешкова Анна Анатольевна – магистрант, врач-кардиолог (e-mail: aqyila@mail.ru; тел.: 8 (964) 291-57-57).

Унгурияну Татьяна Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, проректор по научно-инновационной работе (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; тел.: 8 (8182) 28-57-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

¹ WHO global air quality guidelines: Particulate matter ($PM_{2,5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – Geneva: World Health Organization, 2021. – 300 p.

составил 17,174 млн т, от автотранспорта – 4,8 млн т².

Наиболее распространенными причинами преждевременной смертности, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, являются сердечно-сосудистые заболевания, в частности ишемическая болезнь сердца (ИБС) и инсульт. Согласно данным ВОЗ, 24 % бремени ИБС и 25 % бремени инсульта связано с загрязнением атмосферного воздуха [1]. В Российской Федерации в 2022 г. число дополнительных случаев смерти населения от болезней системы кровообращения (БСК), ассоциированных с загрязнением атмосферного воздуха, составило 0,7 на 100 тысяч населения, количество случаев заболеваний БСК, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, – 42,9 на 100 тысяч населения, что соответствует 1,4 % фактической заболеваемости³.

В структуре заболеваемости по Архангельской области БСК занимают второе место. Согласно данным Росстата, заболеваемость БСК в Архангельской области (23,75 сл. на 1000 человек), по сравнению с данными по Российской Федерации (26,29 сл. на 1000 человек), находится на одном уровне. Смертность населения в Архангельской области от БСК (714,5 сл. на 100 тысяч человек) на 20,7 % выше, чем в целом по стране.

На территории Архангельской области в 2022 г. валовый выброс загрязняющих веществ от стационарных источников составил 117 тысяч т (81,1 %), от передвижных источников – 27,33 тысячи т (18,9 %). В г. Архангельске основные источники загрязнения атмосферы – предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, по сбору, обработке и утилизации отходов, автомобильный, речной и железнодорожный транспорт. Большая часть загрязняющих веществ поступает в атмосферный воздух с выбросами автотранспорта, его вклад в суммарный выброс составляет 70,5 %⁴.

Цель исследования – оценить качество атмосферного воздуха в г. Архангельске и связанный с ним ущерб здоровью взрослого населения.

Материалы и методы. Для оценки качества атмосферного воздуха в г. Архангельске использованы данные о концентрациях загрязняющих веществ, полученные в ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» и ГБУ АО «Центр природопользования и охраны окружающей среды». Проанализированы среднегодовые концентрации взвешенных веществ

(TSP), диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, сероводорода, формальдегида, метилмеркаптана, бенз(а)пирена, бензола, толуола, этилбензола, ксилолов и металлов (хром, марганец, железо, никель, медь, цинк, свинец) за 2011–2022 гг., озона, PM₁₀ и PM_{2,5} за 2021–2022 гг. Рассчитано общее число проб, число проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, среднесуточные концентрации на уровне средних значений и на уровне верхней границы экспозиции (P₉₀).

Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ проведена согласно Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»⁵. Рассчитаны коэффициенты опасности (HQ) при хроническом ингаляционном воздействии изучаемых примесей, индекс опасности (HI) общетоксических эффектов при воздействии на сердечно-сосудистую систему веществ одностороннего действия и вклад отдельных веществ в индекс опасности.

Анализ заболеваемости болезнями системы кровообращения населения в г. Архангельске выполнен по данным формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации» за 2011–2022 гг. Проанализирована первичная заболеваемость по классу «Болезни системы кровообращения» (МКБ-10: I00–I99) по четырем рубрикам и 10 нозологическим формам в возрастной группе населения 18 лет и старше. Рассчитаны экстенсивные показатели и цепной темп прироста / убыли первичной заболеваемости болезнями системы кровообращения.

Для установления числа атрибутивных исходов применялась функция «концентрация – ответ», выраженная через величину относительного риска на 10 мкг/м³, и частота нарушений состояния здоровья на 1000 населения. Расчет дополнительного числа исходов, связанных с воздействием загрязняющих веществ, выполнен с использованием среднесуточных концентраций PM₁₀ и PM_{2,5} на уровне верхней границы экспозиции (P₉₀) на 1000 взрослого населения (%). В качестве исходов оценены первичная заболеваемость болезнями, связанными с повышенным кровяным давлением, инфарктом миокарда, инсультом, хронической ИБС и смертностью от БСК

² Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2022 год: ежегодник. – СПб.: ФГБУ «ГТО» Росгидромета, 2023. – 256 с.

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 368 с.

⁴ Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2022 год: доклад / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». – Архангельск: САФУ, 2023. – 529 с.

⁵ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Ю.А. Рахманин, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, С.И. Иванов, С.Л. Авалиани, К.А. Буштueva, Е.Н. Беляев, М.В. Фокин [и др.]. – М.: Роспотребнадзор, 2004. – 143 с.

среди взрослого населения г. Архангельска. Дополнительное число исходов со стороны сердечно-сосудистой системы было рассчитано с использованием значений относительного риска при воздействии $PM_{2,5}$ [2–8] и PM_{10} [9–12] (табл. 1). Анализ данных выполнен с использованием ПО STATA, версия 18.

Результаты и их обсуждение. Концентрации большинства химических примесей, загрязняющих атмосферный воздух в г. Архангельске, за 2011–2022 гг. на уровне среднего значения и P_{90} соответствовали гигиеническим нормативам (табл. 2). Содержание формальдегида на уровне среднего значения и P_{90} превышало ПДК_{ср} в 2,3 и 3,3 раза соответственно. Средняя за изучаемый период концен-

трация бензола превышала ПДК_{ср} в 1,5, на уровне P_{90} – в 1,6 раза. Выявлено превышение ПДК_{ср} хрома и меди на уровне средних значений в 1,8 раза, на уровне верхней границы экспозиции – в 2,8–3,3 раза. Средние концентрации общей фракции взвешенных частиц, PM_{10} и $PM_{2,5}$ соответствовали гигиеническим нормативам, а концентрации на уровне верхней границы экспозиции превышали ПДК_{ср} в 1,2, 1,1 и 1,6 раза соответственно. Содержание бенз(а)пирена и озона в атмосферном воздухе г. Архангельска на уровне средних концентраций не превышало гигиенические нормативы, на уровне верхней границы экспозиции установлено превышение ПДК_{ср} в 1,3 и в 1,2 раза соответственно.

Таблица 1

Значения прироста эффекта для взрослого населения на единицу изменения концентрации загрязняющих веществ (10 мкг/м³)

Прирост эффекта на единицу изменения концентрации	Код МКБ-10	$PM_{2,5}$	PM_{10}	Источник ($PM_{2,5}/PM_{10}$)
Заболеваемость болезнями системы кровообращения	I00–I99	1,36	1,10	[3] / [10]
– ишемическая болезнь сердца	I20–I25	1,27	-	[2] / -
– инфаркт миокарда	I21	1,28	1,03	[2] / [9]
– инфаркт мозга	I63	1,21	-	[6] / -
– повышенное артериальное давление	I10	1,11	1,12	[7] / [12]
Смертность от болезней системы кровообращения	I00–I99	1,12	1,10	[5] / [10]
Смертность от инфаркта мозга	I63	1,11	-	[4] / -
Смертность от ишемической болезни сердца	I20–I25	1,18	-	[8] / -
Смертность от инфаркта миокарда	I21	-	1,05	- / [11]

Таблица 2

Качество атмосферного воздуха в г. Архангельске за 2011–2022 гг.

Вещество	Число проб, всего	Концентрации				ПДК среднегодовая, мг/м ³
		среднегодовая		на уровне P_{90}		
		мг/м ³	доли ПДК _{ср}	мг/м ³	доли ПДК _{ср}	
Взвешенные вещества	28753	0,049	0,6	0,087	1,2	0,075
Диоксид серы	20378	0,002	< 0,1 ^b	0,003	0,1 ^b	0,05 ^b
Оксид углерода	22240	1,26	0,4	1,685	0,6	3,000
Диоксид азота	31428	0,025	0,6	0,033	0,8	0,040
Оксид азота	10452	0,024	0,4	0,054	0,9	0,060
Сероводород	30555	0,001	0,4	0,001	0,5	0,002
Формальдегид	31429	0,007	2,3	0,010	3,3	0,003
Метилмеркаптан	5253	0,0001	–	0,0001	–	–
Бенз(а)пирен	5606	0,875 ^c	0,9	1,29 ^c	1,3	1,00 ^c
Бензол	5793	0,007	1,5	0,008	1,6	0,005
Толуол	5791	0,006	< 0,1	0,010	< 0,1	0,4
Этилбензол	5792	0,001	< 0,1	0,002	0,1	0,04
Ксилолы	5792	0,010	0,1	0,012	0,1	0,1
Хром	283	0,000014	1,7	0,000023	2,8	0,000008
Марганец	283	0,000014	0,3	0,000021	0,4	0,000005
Железо	283	0,000549	< 0,1	0,000718	< 0,1	0,04
Никель	283	0,000010	0,2	0,000015	0,3	0,000005
Медь	283	0,000036	1,8	0,000066	3,3	0,000002
Цинк	283	0,000031	< 0,1	0,000045	< 0,1	0,035
Свинец	283	0,000005	< 0,1	0,000010	0,1	0,000015
$PM_{2,5}$ ^a	594	0,025	0,8	0,039	1,6	0,025
PM_{10} ^a	594	0,028	0,7	0,044	1,1	0,04
Озон ^a	401	0,021	0,8	0,037	1,2	0,03

Примечание: ^a – данные за 2021–2022 гг.; ^b – среднесуточная ПДК; ^c – ($\times 10^{-6}$).

Таблица 3

Первичная заболеваемость болезнями системы кровообращения у взрослого населения г. Архангельска за 2011–2022 гг. (среднее, на 1000 населения в возрасте 18 лет и старше)

Болезни системы кровообращения	Код МКБ-10	Удельный вес, %	Частота, на 1000	Цепной темп прироста / убыли, %
Болезни системы кровообращения	I00–I99	100,00	29,70	-3,00
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	I10–I13	23,91	7,11	1,67
Ишемическая болезнь сердца	I20–I25	22,13	6,58	-2,58
– стенокардия	I20	5,44	1,61	-4,13
– инфаркт миокарда	I21	4,20	1,25	-2,12
– хроническая ишемическая болезнь сердца	I25	10,66	3,17	5,67
Цереброваскулярные болезни	I60–I69	21,09	6,27	-2,32
– субарахноидальное кровоизлияние	I60	0,29	0,09	2,18
– внутримозговое кровоизлияние и другие нетравматические внутричерепные кровоизлияния	I61, I62	1,46	0,43	-6,75
– Инфаркт мозга	I63	9,53	2,83	-2,58
Атеросклероз артерий нижних конечностей, тромбангиит облитерирующий	I70.2, I73.1	1,86	0,55	-8,67
Болезни вен, лимфатических сосудов и лимфатических узлов	I80–I89	14,58	4,33	-5,00
– флебит и тромбофлебит	I80	2,59	0,77	-8,51
– варикозное расширение вен нижних конечностей	I83	8,17	2,43	-0,57

Наибольший удельный вес в структуре класса БСК приходится на болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (23,9 %), на втором месте стоит ИБС (22,1 %), третье место занимают цереброваскулярные болезни (21,1 %). За 12-летний период наблюдений определено снижение уровня первичной заболеваемости БСК в г. Архангельске, средний цепной темп убыли составил -3,0 % (табл. 3). Снижение уровня первичной заболеваемости выявлено для большинства рубрик: средние цепные темпы убыли от -5,0 % для болезней вен, лимфатических сосудов и лимфатических узлов до -2,3 % для ИБС. Исключение составила рубрика «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением», для которой средний цепной темп прироста составил 1,7 %.

Коэффициенты опасности на уровне средних значений за период 2011–2022 гг. превышали допустимый уровень (1,0) для формальдегида ($HQ = 2,3$), меди ($HQ = 1,8$) и $PM_{2,5}$ ($HQ = 1,7$), для остальных химических примесей HQ соответствовали допустимому уровню (рис. 1). На уровне верхней границы экспозиции HQ для меди и формальдегида составили по 3,3, что соответствует высокому уровню риска развития общетоксических эффектов (рис. 2). Для $PM_{2,5}$, бенз(а)пирена, озона и взвешенных веществ HQ на уровне P_{90} соответствовали настораживающему уровню риска.

За изучаемый период в г. Архангельске HI для сердечно-сосудистой системы составил 6,6, что соответствует высокому риску развития общетоксических эффектов от воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха. На уровне верхней границы экспозиции HI для сердечно-сосудистой

системы составил 10,8. Основной вклад в уровень риска вносит медь (27 %), $PM_{2,5}$ (26 %), озон (11 %), взвешенные вещества и PM_{10} (по 9 %).

Ущерб, связанный с первичной заболеваемостью БСК среди взрослого населения г. Архангельска, обусловленный воздействием $PM_{2,5}$ и PM_{10} , составил 10,69 и 2,96 % соответственно. Атрибутивный уровень ИБС, обусловленный воздействием $PM_{2,5}$, установлен на уровне 1,85 %, инфаркта миокарда – 0,48 %, инфаркта мозга – 0,59 %. Возможное дополнительное число впервые выявленных заболеваний, характеризующихся повышенным кровяным давлением, при воздействии $PM_{2,5}$ и PM_{10} составило 0,78 и 0,85 % соответственно. Ущерб, связанный со смертностью от БСК и обусловленный экспозицией $PM_{2,5}$, был 2,28 % и PM_{10} – 1,89 % случаев. Атрибутивное число смертей от ишемической болезни сердца и инфаркта мозга, обусловленное воздействием $PM_{2,5}$, составило 2,04 и 0,27 % соответственно.

Анализ качества атмосферного воздуха в г. Архангельске показал, что концентрации большинства загрязняющих веществ соответствуют гигиеническим нормативам. Превышение среднесуточных концентраций выявлено для формальдегида, бензола, хрома, меди. Определено превышение допустимого уровня HQ для формальдегида, меди и $PM_{2,5}$. Индекс опасности для сердечно-сосудистой системы соответствует высокому риску развития общетоксических эффектов. Основной вклад в токсическое воздействие вносят медь, $PM_{2,5}$, озон, взвешенные вещества и PM_{10} . Ущерб, связанный с первичной заболеваемостью БСК, обусловленный воздействием $PM_{2,5}$, составлял 10,69 % и PM_{10} – 2,96 % случаев.

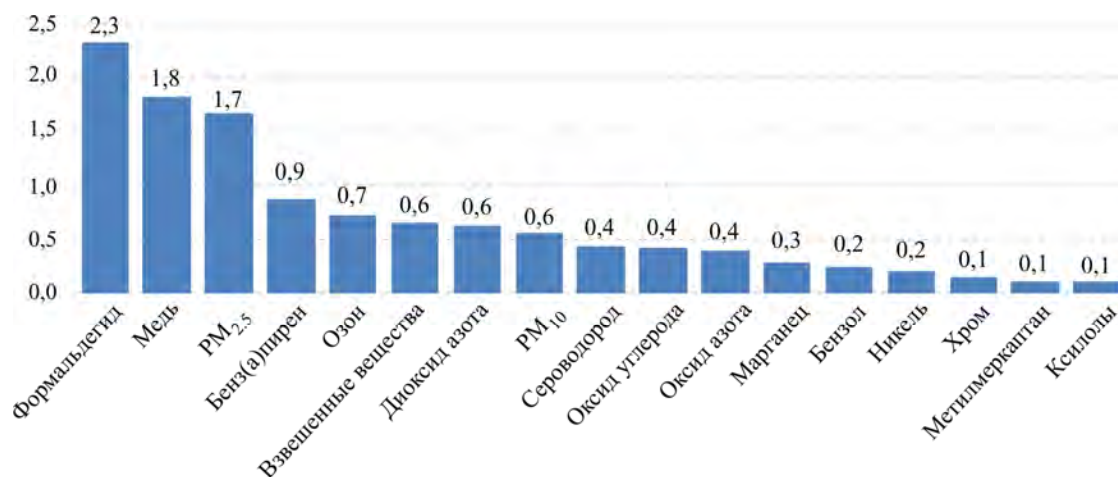


Рис. 1. Коэффициенты опасности загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе г. Архангельска за 2011–2022 гг. (на уровне средней концентрации)

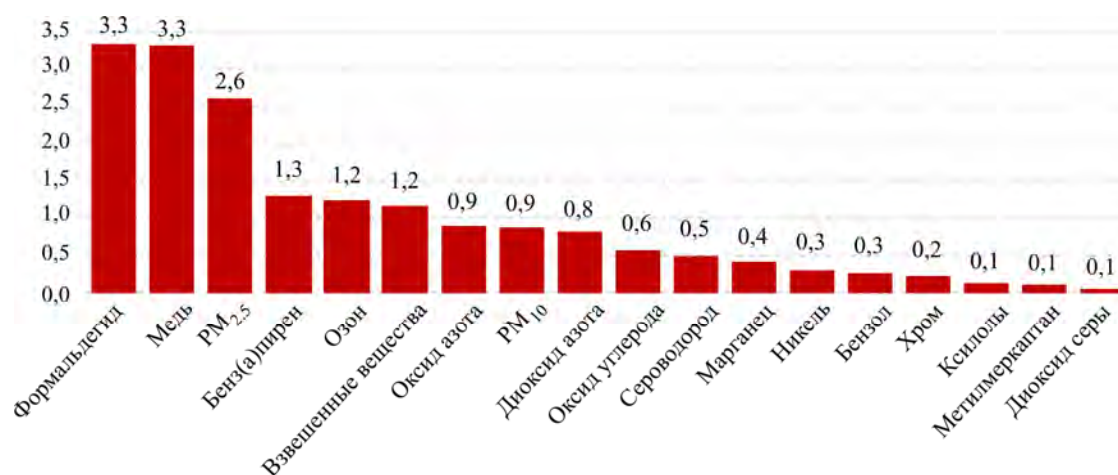


Рис. 2. Коэффициенты опасности загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе г. Архангельска, за 2011–2022 гг. (на уровне P_{90})

Разнообразие химических примесей в атмосферном воздухе, его состав и степень загрязнения зависят от источников загрязнения на определенной территории. Автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха (более 70 %) во многих городах России, например, в Казани, Самаре, Санкт-Петербурге, Тюмени, Владикавказе. Результаты нашего исследования согласуются с данными, полученными в г. Тюмени [13] и Владикавказе [14], где значения HI для сердечно-сосудистой системы превышали 6, что соответствует высокому риску развития общетоксических эффектов (23,2 и 6,7 соответственно). Основной вклад в HI в этих городах принадлежит оксиду углерода и диоксиду азота.

В г. Казани [15], Самаре [16] и Санкт-Петербурге [17], где основным источником загрязнения атмосферы являются выбросы автотранспорта, HI для сердечно-сосудистой системы соответствует допустимому уровню (1,9; 0,74; 1,4 соответственно). В г. Казани загрязняющими веществами, вносящими наибольший вклад HI , установлены PM_{10} (79 %) и

углерода оксид (21 %), в г. Самаре – углерода оксид (55 %) и фенол (45 %), в г. Санкт-Петербурге – углерода оксид и $PM_{2.5}$.

Различия в уровнях HI для сердечно-сосудистой системы между городами при схожих основных источниках загрязнения атмосферного воздуха могут быть обусловлены разным перечнем веществ, включенных в мониторинг, методами определения химических примесей в атмосферном воздухе, подходами к выбору приоритетных веществ для оценки риска.

Стационарные источники вносят основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в Пермском крае [18], г. Новокузнецке [19], г. Туле [20], Донецкой [21], Оренбургской [22] и Иркутской [23] областях. Высокий риск развития общетоксических эффектов для сердечно-сосудистой системы определен в г. Макеевке (Донецкая область) с развитой металлургической промышленностью ($HI = 9,33$), где наибольший вклад принадлежит взвешенным веществам (45 %) и аммиаку (30 %) [21]. В г. Новокузнецке HI для сердечно-сосудистой системы со-

ставил 4,6, что соответствует настораживающему уровню риска [19]. По данным исследований, к городам с допустимым уровнем риска развития общетоксических эффектов относятся г. Пермь [18], г. Березники Пермского края [18], г. Тула [20], Оренбургская область [22], Иркутская область [23], где значения *НИ* для сердечно-сосудистой системы были на уровне 0,76, 1,9, 0,48, 2,1 и 2,23 соответственно. Основной вклад в *НИ* в этих городах принадлежит бензолу, фенолу, оксиду углерода, аммиаку и взвешенным веществам.

Дополнительное число смертей от БСК в год, обусловленное воздействием мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2,5}$, в г. Архангельске выше (11,9%), чем в г. Усть-Каменогорске (3,9%) с развитой металлургической промышленностью [24]. По данным зарубежных исследований, в одном из наиболее загрязненных городов Ирана с металлургической и нефтехимической промышленностью дополнительное количество смертей от БСК при воздействии мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2,5}$ составляет 0,072‰ [25] населения в год, что значительно ниже, по сравнению с г. Архангельском (2,28‰). В исследовании, проведенном в промышленно развитом регионе Северной Италии с интенсивным движением автотранспорта, ущерб, связанный со смертностью от БСК и обусловленный воздействием мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2,5}$, составил 4,33‰ [26], что выше, чем в г. Архангельске. В г. Таллине ущерб, связанный с воз-

действием мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2,5}$ и заболеваемостью БСК, был на уровне 3,38‰ [27] дополнительных случаев в год, что ниже показателя в г. Архангельске (10,69‰).

Выводы. Качество атмосферного воздуха в г. Архангельске по содержанию большинства загрязняющих веществ соответствует гигиеническим нормативам. На уровне средних значений выявлено превышение ПДК для формальдегида, хрома, меди и бензола, на уровне верхней границы экспозиции – дополнительно для общей фракции взвешенных частиц, PM_{10} и $PM_{2,5}$, озона и бенз(а)пирена. Риск развития общетоксических эффектов для сердечно-сосудистой системы от воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха определен как высокий. Число атрибутивных исходов первичной заболеваемости БСК среди взрослого населения г. Архангельска, связанных с воздействием PM_{10} и $PM_{2,5}$, составило 10,7 и 2,9‰ случаев в год соответственно. На территории г. Архангельска необходимо расширение перечня мониторируемых химических примесей на стационарных постах ФГБУ «Северное УГМС» с включением в программу мониторинга мелкодисперсных фракций взвешенных частиц.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks / A. Prüss-Üstün, J. Wolf, C. Corvalán, R. Bos, M. Neira. – Geneva: World Health Organization, 2016. – P. 56–60.
2. Long-Term Effects of High Exposure to Ambient Fine Particulate Matter on Coronary Heart Disease Incidence: A Population-Based Chinese Cohort Study / J. Li, F. Liu, F. Liang, K. Huang, X. Yang, Q. Xiao, J. Chen, X. Liu [et al.] // *Environ. Sci. Technol.* – 2020. – Vol. 54, № 11. – P. 6812–6821. DOI: 10.1021/acs.est.9b06663
3. Cardiovascular Effects of Long-Term Exposure to Air Pollution: A Population-Based Study With 900 845 Person-Years of Follow-up / H. Kim, J. Kim, S. Kim, S.-H. Kang, H.-J. Kim, H. Kim, J. Heo, S.-M. Yi [et al.] // *J. Am. Heart Assoc.* – 2017. – Vol. 6, № 11. – P. e007170. DOI: 10.1161/JAHA.117.007170
4. Associations of long-term exposure to fine particulate matter and its constituents with cardiovascular mortality: A prospective cohort study in China / R. Liang, R. Chen, P. Yin, A. van Donkelaar, R.V. Martin, R. Burnett, A.J. Cohen, M. Brauer [et al.] // *Environ. Int.* – 2022. – Vol. 162. – P. 107156. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107156
5. Associations of outdoor fine particulate air pollution and cardiovascular disease: Results from the Prospective Urban and Rural Epidemiology Study in China / Y. Xia, Z. Liu, B. Hu, S. Rangarajan, L.A. Tse, Y. Li, J. Wang, L. Hu [et al.] // *Environ. Int.* – 2023. – Vol. 174. – P. 107829. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107829
6. Fine particulate matter exposure and incidence of stroke: A cohort study in Hong Kong / H. Qiu, S. Sun, H. Tsang, C.-M. Wong, R.S.-Y. Lee, C.M. Schooling, L. Tian // *Neurology.* – 2017. – Vol. 88, № 18. – P. 1709–1717. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003903
7. Associations between ambient fine particulate air pollution and hypertension: A nationwide cross-sectional study in China / C. Liu, R. Chen, Y. Zhao, Z. Ma, J. Bi, Y. Liu, X. Meng, Y. Wang [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2017. – Vol. 584–585. – P. 869–874. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.133
8. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease / C.A. Pope 3rd, R.T. Burnett, G.D. Thurston, M.J. Thun, E.E. Calle, D. Krewski, J.J. Godleski // *Circulation.* – 2004. – Vol. 109, № 1. – P. 71–77. DOI: 10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F
9. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-Analysis / L. Zou, Q. Zong, W. Fu, Z. Zhang, H. Xu, S. Yan, J. Mao, Y. Zhang [et al.] // *Front. Med. (Lausanne).* – 2021. – Vol. 8. – P. 616355. DOI: 10.3389/fmed.2021.616355
10. Long-term effects of particulate matter on incident cardiovascular diseases in middle-aged and elder adults: The CHARLS cohort study / S. Lv, Z. Li., H. Li, Y. Hu, M. Hu, S. Li, W. Xie, Y. Li [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2023. – Vol. 262. – P. 115181. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.115181

11. Potential causal links between long-term ambient particulate matter exposure and cardiovascular mortality: New evidence from a large community-based cohort in South China / Y. Zhang, Y. Wang, Z. Du, S. Chen, Y. Qu, C. Hao, X. Ju, Z. Lin [et al.] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* – 2023. – Vol. 254. – P. 114730. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114730
12. Association between long-term air pollution and increased blood pressure and hypertension in China / G.-H. Dong, Z.M. Qian, P.K. Xaverius, E. Trevathan, S. Maalouf, J. Parker, L. Yang, M.-M. Liu [et al.] // *Hypertension.* – 2013. – Vol. 61, № 3. – P. 578–584. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.000003
13. Литвинова Н.А., Молотилова С.А. Влияние выбросов автотранспорта на заболеваемость и риск здоровью населения г. Тюмени // *Экология человека.* – 2018. – Т. 25, № 8. – С. 11–16. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-11-16
14. Цаллагова Р.Б., Копытенкова О.И., Макоева Ф.К. Оценка риска здоровью населения при хроническом ингаляционном воздействии выбросов автомобильного транспорта // *Профилактическая и клиническая медицина.* – 2021. – № 2 (79). – С. 15–21. DOI: 10.47843/2074-9120_2021_2_15
15. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха как фактора риска здоровью населения Казани / Е.А. Тафеева, А.В. Иванов, А.А. Титова, И.Ф. Ахметзянова // *Гигиена и санитария.* – 2015. – Т. 94, № 3. – С. 37–40.
16. Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха // *Гигиена и санитария.* – 2017. – Т. 96, № 8. – С. 729–733. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-8-729-733
17. Оценка и прогноз экологической ситуации в Санкт-Петербурге по показателям загрязнения атмосферного воздуха и изменения здоровья населения / В.Н. Мовчан, П.С. Зубкова, И.К. Калинина, М.А. Кузнецова, Н.А. Шейнерман // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле.* – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 178–193. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.204
18. Четверкина К.В. Оценка риска развития заболеваний системы кровообращения среди взрослого населения Пермского края в условиях химического загрязнения атмосферного воздуха // *Гигиена и санитария.* – 2020. – Т. 99, № 8. – С. 861–865. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-861-865
19. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте «Чистый воздух» в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы / С.В. Кузьмин, С.Л. Авалиани, Н.С. Додина, Т.А. Шашина, В.А. Кислицин, О.О. Синицына // *Гигиена и санитария.* – 2021. – Т. 100, № 9. – С. 890–896. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896
20. Григорьев Ю.И., Ляпина Н.В. Качество атмосферного воздуха и здоровье детского населения города Тулы // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО.* – 2013. – № 8 (245). – С. 29–31.
21. Куляс В.М. Гигиеническая оценка неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения промышленного центра от аэрогенных поллютантов // *Архив клинической и экспериментальной медицины.* – 2021. – Т. 30, № 1. – С. 55–60.
22. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха и неканцерогенного риска для здоровья населения, проживающего на приграничных территориях / В.М. Боев, Е.А. Кряжева, Л.Х. Кудусова, Д.А. Кряжев, С.В. Перепелкин // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО.* – 2019. – № 3 (312). – С. 29–35.
23. Качество среды обитания и риск здоровью населения, проживающего под воздействием выбросов предприятий цветной металлургии и деревообрабатывающей промышленности / С.А. Вековщина, С.В. Клейн, И.Г. Жданова-Заплесвичко, К.В. Четверкина // *Гигиена и санитария.* – 2018. – Т. 97, № 1. – С. 16–20. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-16-20
24. Оценка аэрогенного риска для здоровья населения, проживающего в регионе расположения Ульбинского металлургического завода / Е.Т. Токбергенов, А.Т. Досмухаметов, А.К. Аскараров, М.К. Амрин, Д.М. Аскараров, Ж.Б. Бейсенбинова // *Анализ риска здоровью.* – 2022. – № 4. – С. 45–55. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.04
25. Cardiovascular, respiratory, and total mortality ascribed to PM₁₀ and PM_{2.5} exposure in Isfahan, Iran / A. Abdollahnejad, N. Jafari, A. Mohammadi, M. Miri, Y. Hajizadeh, A. Nikoonaahad // *J. Educ. Health Promot.* – 2017. – Vol. 6. – P. 109. DOI: 10.4103/jehp.jehp_166_16
26. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy / E. Fatore, V. Paiano, A. Borgini, A. Tittarelli, M. Bertoldi, P. Crosignani, R. Fanelli // *Environ. Res.* – 2011. – Vol. 111, № 8. – P. 1321–1327. DOI: 10.1016/j.envres.2011.06.012
27. Health impacts of particulate matter in five major Estonian towns: Main sources of exposure and local differences / H. Orru, M. Maasikmets, T. Lai, T. Tamm, M. Kaasik, V. Kimmel, K. Orru, E. Merisalu, B. Forsberg // *Air Qual. Atmos. Health.* – 2011. – Vol. 4. – P. 247–258. DOI: 10.1007/s11869-010-0075-6

Растокина Т.Н., Пешкова А.А., Унгурия Т.Н. Качество атмосферного воздуха и риск развития болезней системы кровообращения у населения крупного города Европейского Севера // Анализ риска здоровью. – 2024. – № 3. – С. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2024.3.01

UDC 613.15, 614.71
DOI: 10.21668/health.risk/2024.3.01.eng



Research article

AMBIENT AIR QUALITY AND RISK OF CIRCULATORY DISEASES FOR POPULATION OF A LARGE CITY IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

T.N. Rastokina, A.A. Peshkova, T.N. Unguryanu

Northern State Medical University, 51 Troitskii Av., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation

Cardiovascular diseases are the most frequent causes of premature mortality associated with ambient air quality. In the Arkhangelsk region, population mortality caused by diseases of the circulatory system is higher than the national average. The aim of this study was to assess ambient air quality in Arkhangelsk and associated health harm in adult population.

The study relied on using data of ambient air monitoring in Arkhangelsk collected over 2011–2022. We analyzed average annual levels of 23 pollutants and primary incidence of diseases of the circulatory system (CVD) and calculated hazard quotients under chronic inhalation exposure (HQ), hazard index (HI) for the cardiovascular system, and the number of attributable deaths associated with exposure to PM₁₀ and PM_{2.5}.

Over the analyzed period, the average long-term concentrations of most pollutants met hygienic standards. Average levels of formaldehyde, chromium, copper and benzene were found to exceed the MPL by 1.5–2.3 times. Hazard coefficients for formaldehyde (HQ = 2.3), copper (HQ = 1.8) and PM_{2.5} (HQ = 1.7) were established to be above their permissible value. The risk of developing general toxic effects is determined to be high (HI = 6.6) for the cardiovascular system. The main contribution to the risk level is made by copper and PM_{2.5}. Attributable outcomes of primary cardiovascular incidence among the adult population of Arkhangelsk associated with exposure to PM₁₀ and PM_{2.5} equaled 10.7 and 2.9 ‰ cases per year. The greatest harm under exposure to PM_{2.5} is due to the development of coronary artery disease and amounts to 1.9 ‰ cases per year.

Keywords: ambient air, pollutants, diseases of the circulatory system, primary incidence, health risk assessment, hazard quotient, hazard index, health harm.

References

1. Prüss-Üstün A., Wolf J., Corvalán C., Bos R., Neira M. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva, World Health Organization, 2016, pp. 56–60.
2. Li J., Liu F., Liang F., Huang K., Yang X., Xiao Q., Chen J., Liu X. [et al.]. Long-Term Effects of High Exposure to Ambient Fine Particulate Matter on Coronary Heart Disease Incidence: A Population-Based Chinese Cohort Study. *Environ. Sci. Technol.*, 2020, vol. 54, no. 11, pp. 6812–6821. DOI: 10.1021/acs.est.9b06663
3. Kim H., Kim J., Kim S., Kang S.-H., Kim H.-J., Kim H., Heo J., Yi S.-M. [et al.]. Cardiovascular Effects of Long-Term Exposure to Air Pollution: A Population-Based Study With 900 845 Person-Years of Follow-up. *J. Am. Heart Assoc.*, 2017, vol. 6, no. 11, pp. e007170. DOI: 10.1161/JAHA.117.007170
4. Liang R., Chen R., Yin P., van Donkelaar A., Martin R.V., Burnett R., Cohen A.J., Brauer M. [et al.]. Associations of long-term exposure to fine particulate matter and its constituents with cardiovascular mortality: A prospective cohort study in China. *Environ. Int.*, 2022, vol. 162, pp. 107156. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107156
5. Xia Y., Liu Z., Hu B., Rangarajan S., Tse L.A., Li Y., Wang J., Hu L. [et al.]. Associations of outdoor fine particulate air pollution and cardiovascular disease: Results from the Prospective Urban and Rural Epidemiology Study in China. *Environ. Int.*, 2023, vol. 174, pp. 107829. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107829
6. Qiu H., Sun S., Tsang H., Wong C.-M., Lee R.S.-Y., Schooling C.M., Tian L. Fine particulate matter exposure and incidence of stroke: A cohort study in Hong Kong. *Neurology*, 2017, vol. 88, no. 18, pp. 1709–1717. DOI: 10.1212/WNL.0000000000003903
7. Liu C., Chen R., Zhao Y., Ma Z., Bi J., Liu Y., Meng X., Wang Y. [et al.]. Associations between ambient fine particulate air pollution and hypertension: A nationwide cross-sectional study in China. *Sci. Total Environ.*, 2017, vol. 584–585, pp. 869–874. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.133
8. Pope C.A. 3rd, Burnett R.T., Thurston G.D., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., Godleski J.J. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 2004, vol. 109, no. 1, pp. 71–77. DOI: 10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F

© Rastokina T.N., Peshkova A.A., Unguryanu T.N., 2024

Tatiana N. Rastokina – post-graduate student of the Department of Hygiene and Medical Ecology, cardiologist (e-mail: dr.sokurenkotatiana@gmail.com; tel.: +7 (909) 552-79-99; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8074-9075>).

Anna A. Peshkova – post-graduate student, cardiologist (e-mail: aqyila@mail.ru; tel.: +7 (964) 291-57-57).

Tatiana N. Unguryanu – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Hygiene and Medical Ecology, vice-rector for Scientific and Innovation Work (e-mail: unguryanu_tn@mail.ru; tel.: +7 (8182) 28-57-83; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>).

9. Zou L., Zong Q., Fu W., Zhang Z., Xu H., Yan S., Mao J., Zhang Y. [et al.]. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Med. (Lausanne)*, 2021, vol. 8, pp. 616355. DOI: 10.3389/fmed.2021.616355
10. Lv S., Li Z., Li H., Hu Y., Hu M., Li S., Xie W., Li Y. [et al.]. Long-term effects of particulate matter on incident cardiovascular diseases in middle-aged and elder adults: The CHARLS cohort study. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2023, vol. 262, pp. 115181. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.115181
11. Zhang Y., Wang Y., Du Z., Chen S., Qu Y., Hao C., Ju X., Lin Z. [et al.]. Potential causal links between long-term ambient particulate matter exposure and cardiovascular mortality: New evidence from a large community-based cohort in South China. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2023, vol. 254, pp. 114730. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114730
12. Dong G.-H., Qian Z.M., Xaverius P.K., Trevathan E., Maalouf S., Parker J., Yang L., Liu M.-M. [et al.]. Association between long-term air pollution and increased blood pressure and hypertension in China. *Hypertension*, 2013, vol. 61, no. 3, pp. 578–584. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00003
13. Litvinova N.A., Molotilova S.A. The influence of motor transport emissions on morbidity and health risk of the population of Tyumen city. *Ekologiya cheloveka*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 11–16. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-11-16 (in Russian).
14. Tsallagova R.B., Kopytenkova O.I., Makoeva F.K. Health risk assessment of population under chronic inhalation exposure of automotive transport emissions. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina*, 2021, no. 2 (79), pp. 15–21. DOI: 10.47843/2074-9120_2021_2_15 (in Russian).
15. Tafieva E.A., Ivanov A.V., Titova A.A. Akhmetzyanova I.F. Air pollutions as a risk factor for the population health in Kazan city. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 3, pp. 37–40 (in Russian).
16. Suchkov V.V., Semaeva E.A. Air pollution risk to health of the population of the cities Samara and Novokuibyshevsk. *Gigiena i sanitariya*, 2017, vol. 96, no. 8, pp. 729–733. DOI: 10.47470/0016-9900-2017-96-8-729-733 (in Russian).
17. Movchan V., Zubkova P.S., Kalinina I.K., Kuznetsova M.A., Sheinerman N.A. Assessment and forecast of the ecological situation in St. Petersburg in terms of air pollution and public health indicators. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 178–193. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2018.204 (in Russian).
18. Chetverkina K.V. Assessing risks of circulatory disorders among adults exposed to ambient air chemical contamination when living in the Perm region. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 8, pp. 861–865. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-861-865 (in Russian).
19. Kuzmin S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Sinitsyna O.O. 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, vol. 100, no. 9, pp. 890–896. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896 (in Russian).
20. Grigoriev Yu.I., Lyapina N.V. Hygienic evaluation of air quality and health of the child population of Tula. *ZNiSO*, 2013, no. 8 (245), pp. 29–31 (in Russian).
21. Kulyas V.M. Hygienic assessment of non-carcinogenic and carcinogenic risks to the health of the population of the industrial center from aerogenic pollutants. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny*, 2021, vol. 30, no. 1, pp. 55–60 (in Russian).
22. Boev V.M., Kryazheva E.A., Kudusova L.Kh., Kryazhev D.A., Perepelkin S.V. Hygienic assessment of ambient air and non-carcinogenic risk for public health living on border territories. *ZNiSO*, 2019, no. 3 (312), pp. 29–35 (in Russian).
23. Vekovshinina S.A., Kleyn S.V., Zhdanova-Zaplevichko I.G., Chetverkina K.V. The quality of environment and risk to health of the population residing under the exposure to emissions from colored metallurgy enterprises and wood processing industry. *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 1, pp. 16–20. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-1-16-20 (in Russian).
24. Tokbergenov E.T., Dosmukhametov A.T., Askarov K.A., Amrin M.K., Askarov D.M., Beisenbinova Z.B. Assessment of aero-genic risks for people living in close proximity to Ulba metallurgical plant. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 45–55. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.04.eng
25. Abdolahnejad A., Jafari N., Mohammadi A., Miri M., Hajizadeh Y., Nikoonahad A. Cardiovascular, respiratory, and total mortality ascribed to PM10 and PM2.5 exposure in Isfahan, Iran. *J. Educ. Health Promot.*, 2017, vol. 6, pp. 109. DOI: 10.4103/jehp.jehp_166_16
26. Fattore E., Paiano V., Borgini A., Tittarelli A., Bertoldi M., Crosignani P., Fanelli R. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. *Environ. Res.*, 2011, vol. 111, no. 8, pp. 1321–1327. DOI: 10.1016/j.envres.2011.06.012
27. Orru H., Maasikmets M., Lai T., Tamm T., Kaasik M., Kimmel V., Orru K., Merisalu E., Forsberg B. Health impacts of particulate matter in five major Estonian towns: Main sources of exposure and local differences. *Air Qual. Atmos. Health*, 2011, vol. 4, pp. 247–258. DOI: 10.1007/s11869-010-0075-6

Rastokina T.N., Peshkova A.A., Unguryanu T.N. Ambient air quality and risk of circulatory diseases for population of a large city in the european north of Russia. *Health Risk Analysis*, 2024, no. 3, pp. 4–12. DOI: 10.21668/health.risk/2024.3.01.eng

Получена: 12.04.2024

Одобрена: 23.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024