

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18>**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СОВЕТСКОГО РАЙОНА ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

Научная статья

Баркалов Е.Ю.¹, Клепиков О.В.^{2*}, Чубирко М.И.³² ORCID : 0000-0001-9228-620X;³ ORCID : 0000-0002-4886-5674;^{1,2} Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация² Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация³ Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (klepa1967[at]rambler.ru)

Аннотация

Целью исследования являлся анализ изменения суточных, среднемесячных, сезонных и годовых концентраций наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе на территории северо-восточной части Советского района города Воронежа; оценка канцерогенных и неканцерогенных аэротехногенных рисков для здоровья населения. Объект исследования: атмосферный воздух в северо-восточной части Советского района города Воронежа. Предмет исследования: качество атмосферного воздуха по санитарно-химическим показателям. Установлено, что среднегодовые концентрации трёх из пяти загрязняющих веществ, а именно взвешенных веществ, диоксида азота и формальдегида, превышают нормативные значения, закреплённые СанПиН 1.2.3685-21. Расчёт неканцерогенных рисков показал, что в северо-восточной части Советского района города Воронежа существует опасный риск по этим же трём веществам.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение, аэротехногенный риск, автомобильный транспорт, Воронеж.**EVALUATION OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE SOVIET DISTRICT OF VORONEZH**

Research article

Barkalov Y.Y.¹, Klepikov O.V.^{2*}, Chubirko M.I.³² ORCID : 0000-0001-9228-620X;³ ORCID : 0000-0002-4886-5674;^{1,2} Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation² Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation³ Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (klepa1967[at]rambler.ru)

Abstract

The aim of the study was to analyse changes in daily, monthly, seasonal and annual concentrations of the most common pollutants contained in the atmospheric air in the north-eastern part of the Sovetsky district of Voronezh; to evaluate carcinogenic and non-carcinogenic aerotechnogenic risks to public health. Research object: atmospheric air in the north-eastern part of the Soviet district of Voronezh. Research subject: atmospheric air quality according to sanitary and chemical indicators. It has been established that the average annual concentrations of three out of five pollutants, namely suspended solids, nitrogen dioxide and formaldehyde, exceed the normative values established by SanPiN 1.2.3685-21. The calculation of non-carcinogenic risks indicated that there is a dangerous risk associated with these three substances in the north-eastern part of the Sovetsky district of Voronezh.

Keywords: atmospheric air, pollution, aerotechnogenic risk, motor transport, Voronezh.**Введение**

Город Воронеж, являясь самым многонаселённым и развитым городом Центрально-Чернозёмного района, неизбежно сталкивается с ростом антропогенной нагрузки. При этом главным источником негативного воздействия на атмосферный воздух и здоровье населения является автотранспортный комплекс. Данное обстоятельство характерно для многих крупных промышленных городов (вклад автотранспорта в общую эмиссию загрязняющих веществ превышает 70%), однако Воронеж в большей степени подвержен негативному влиянию работы автомобилей (доля автотранспорта в общем загрязнении атмосферы свыше 88%) [6]. Такая статистика объясняется ростом автомобильного транспорта на душу населения в городе Воронеже. Воронеж находится на четвёртом месте по обеспеченности легковыми автомобилями на 1000 жителей в крупнейших городах РФ (315 автомобилей на 1000 населения), уступая Краснодару, Санкт-Петербургу и Самаре [1]. В связи с такой динамикой актуальность регулярного мониторинга состояния атмосферного воздуха и проведение исследований в данной области не только не уменьшилась, но и возросла.

Цель работы: анализ изменения суточных, среднемесячных, сезонных и годовых концентраций наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе на территории северо-восточной части Советского района города Воронежа в сравнении с данными других стационарных постов наблюдения за уровнем

загрязнения атмосферного воздуха; оценка канцерогенных и неканцерогенных аэротехногенных рисков для здоровья населения.

Методы и принципы исследования

В исследовании использованы первичные материалы, полученные Воронежским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в 2023 году, которые предоставлены авторам в рамках Договора о сотрудничестве и поставке первичной информации с кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета от 21.06.2025 г. В рамках данного Договора представлены данные за 2023 год (на платной основе). Провести сравнительный анализ данных за несколько лет для выявления трендов изменения качества воздуха требует дополнительных финансовых затрат, которые не предусмотрены финансированием выполняемого гранта РНФ в соответствии с заключенным Договором на поставку первичной информации. В открытых источниках первичные данные за многолетний период отсутствуют.

В исследуемом районе города Воронежа по адресу улица Ворошилова, дом 30 располагается стационарный пост наблюдения за загрязнением атмосферы №8 Росгидромета. При этом всего в городе Воронеже имеется 5 стационарных постов наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха: ПНЗ № 1 — г. Воронеж, ул. Ростовская, д.44 осуществляет наблюдения по загрязняющим веществам — взвешенные вещества (пыль), ангидрид сернистый (диоксид серы), оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, формальдегид, углерод (сажа); ПНЗ № 7 (г. Воронеж, ул. Лебедева, д.2) по загрязняющим веществам — пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, фенол; ПНЗ №8 (г. Воронеж, ул. Ворошилова, д.30) по загрязняющим веществам — пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид; ПНЗ №9 (г. Воронеж, ул. Лидии Рябцевой, д.51Б) по загрязняющим веществам пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, фенол; ПНЗ №10 (г. Воронеж, ул. 9 Января, д. 49) по загрязняющим веществам — пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид. Ежегодно проводится от 843 (сажа, ПНЗ №1) до 4425 (диоксид азота, на всех ПНЗ) исследований на каждый компонент. На посту №8 наблюдения проводятся 3 раза в сутки (в 7:00, в 13:00 и 19:00). Вблизи выбранного поста, помимо передвижных источников загрязнения (автотранспорта), имеются и стационарные. Самые крупные из них — Воронежский Механический завод и Воронежский Керамический завод. Эти предприятия имеют всю необходимую экологическую документацию; по результатам плановых проверок контрольно-надзорных ведомств, замечаний в части соблюдения режимов санитарно-защитной зоны не выявлено; жалоб со стороны жителей района на загазованность и запыленность атмосферного воздуха по причине производственной деятельности предприятий не поступало [11]. В целом, негативное влияние этих предприятий существенно меньше, чем воздействие автомобильного транспорта, так как предприятия не работают в регулярном режиме и не относятся к ведущим промышленным вкладчикам в загрязнение атмосферы города Воронежа [11].

В сформированной базе данных представлена информация о годовой динамике изменения концентрации загрязняющих веществ. Для анализа этих сведений выбраны 5 веществ, наиболее часто встречающихся в выхлопных газах автотранспорта, а именно: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и формальдегид. В рамках исследования рассчитаны среднегодовые концентрации данных веществ, средние концентрации по месяцам и по времени суток, а также выявлены закономерности изменения этих концентраций в течение года. Заключительным этапом работы являлся расчет и анализ канцерогенного и неканцерогенного рисков, связанных с воздействием аэро токсикантов, а также времени наступления возможного токсического эффекта.

Результаты исследований сравнивались с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 [2]. Формулы для расчета рисков использованы из Р 2.1.10.3968-23 [3]. Неканцерогенный риск (НҚ) рассчитывается по формуле: $HQ = C_i / RfC$, где HQ — коэффициент опасности; C_i — средняя концентрация (mg/m^3); RfC — референтная (безопасная) концентрация (mg/m^3). Параллельно с расчётом коэффициента опасности (HQ) проводилось вычисление вероятного времени наступления токсического эффекта (T) по формуле: $T = 10^{(LOG_{10}(25) - LOG_{10}((E4/D4)^b))}$, где b — класс опасности вещества, $E4/D4$ — кратность превышения ПДК, 25 — расчетное время гарантированного отсутствия токсического эффекта, на которое разрабатывается норматив (25 лет). Канцерогенный риск (CR) рассчитывается по формуле $CR = ADD * SF$, где ADD — средняя суточная доза в течение жизни, $mg/(kg * \text{день})$; SF — фактор канцерогенного потенциала $mg/(kg * \text{день})^{-1}$.

Основные результаты

3.1. Взвешенные вещества (пыль)

Пыль поступает в атмосферный воздух во время эксплуатации автомобиля (сгорание топлива в двигателях, износ покрышек и тормозных колодок), а также за счет вторичного загрязнения с асфальтобетонных покрытий при движении транспорта и наличии ветра. Повышенное содержание пыли в воздухе может оказать значительное негативное влияние на здоровье человека, в первую очередь, на дыхательную систему; опасность заключается в химическом составе пыли, так как она способна адсорбировать другие поллютанты, что увеличивает негативный эффект на здоровье человека [9].

Анализ данных о среднегодовой концентрации взвешенных веществ по ПНЗ г. Воронежа свидетельствует, что концентрация варьирует от $0,1906 \pm 0,0051$ mg/m^3 до $0,2890 \pm 0,0098$ mg/m^3 (табл. 1.)

Таблица 1 - Среднегодовые концентрации взвешенных веществ по ПНЗ города Воронежа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.1>

Пыль	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
Среднее значение концентрации	0,235	0,289	0,190	0,206	0,230

Пыль	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
(М), мг/м ³					
Ошибка среднего (m), мг/м ³	0,007	0,010	0,005	0,006	0,007

Результаты анализа на ПНЗ №8 показали, что среднегодовая концентрация пыли превысила ПДКс.г. более, чем в 2,5 раза. В динамике среднемесячных концентраций пыли максимальные значения (0,29–0,34 мг/м³) прослеживаются большую часть летнего периода (июль, август) и в сентябре (табл. 2).

Таблица 2 - Средние значения концентрации взвешенных веществ по месяцам и за весь год в целом

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.2>

Период (месяц, год)	Концентрация (М±m), мг/м ³
январь	0,073±0,002
февраль	0,060±0,002
март	0,081±0,003
апрель	0,095±0,004
май	0,116±0,004
июнь	0,118±0,003
июль	0,296±0,009
август	0,346±0,014
сентябрь	0,313±0,008
октябрь	0,199±0,005
ноябрь	0,245±0,006
декабрь	0,152±0,004
Год в целом (среднегодовая концентрация)	0,190±0,005

Такая зависимость может быть объяснена синоптическими особенностями данного периода. Летом и в начале осени в Воронеже наблюдается большая сухость воздуха, чем зимой, весной и поздней осенью. Вращающиеся колеса автомобилей поднимают вверх взвешенные частицы с дорожного покрытия, которые надолго задерживаются в атмосфере при пониженной влажности воздуха (известно, что влага способствует более быстрому оседанию частиц пыли).

Изучение изменения концентрации пыли в зависимости от времени суток в течение года позволило выяснить, что наибольшие значения проявляются в дневное время (13:00) — до 1,47 ПДК. Вечерние значения составляют до 1,18 ПДК, а утренние — до 1,13 ПДК.

Такие результаты объясняются, во-первых, тем, что днём воздух наиболее нагрет, образуются восходящие потоки, которые поднимают часть взвешенных частиц вверх, во-вторых, интенсивным потоком транспорта на автомобильных дорогах, способствующих увеличению содержания пыли в атмосферном воздухе [5].

3.2. Диоксид серы

Сернистый ангидрид является токсичным веществом, воздействующим на органы дыхания и слизистые оболочки человека, и может приводить к появлению бронхитов, кашля, раздражению носоглотки и другим проблемам со здоровьем. Основными источниками выделения двуокиси серы в атмосферный воздух считаются ТЭЦ и промышленные предприятия. Автомобильный транспорт вносит вклад в загрязнение атмосферы диоксидом серы, однако этот вклад считается несущественным. Среднегодовые концентрации диоксида серы по ПНЗ города Воронежа представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Среднегодовые концентрации диоксида серы по ПНЗ города Воронежа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.3>

Диоксид серы	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
Среднее значение концентрации (М), мг/м ³	0,006	0,008	0,005	0,005	0,005
Ошибка	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001

Диоксид серы	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
среднего (м), мг/м ³					

В Советском районе города Воронежа среднегодовая концентрация сернистого ангидрида составила лишь 0,005 мг/м³, что в 10 раз ниже среднегодовой ПДК. Такие результаты, связаны с отсутствием в пределах исследуемого района тепловых электростанций, большого количества котельных, которые могут быть причиной увеличения концентрации SO₂. Находящиеся поблизости Воронежский Механический Завод и Керамический завод незначительно участвуют в эмиссии этого газа. К тому же, в общем объеме автотранспорта города Воронежа преобладают автомобили, потребляющие бензиновое топливо, для которых характерна меньшая объемная доля диоксида серы в выбросах (0–0,002%), чем потребляющих дизельное топливо (0–0,03%).

Анализ сезонной динамики изменения концентрации сернистого ангидрида в течение года показал, что наибольшие значения наблюдались в период с июля по сентябрь (примерно в 3 раза выше, чем в остальные месяцы). Зависимость содержания SO₂ от времени суток на протяжении года не выявлена.

3.3. Углерода оксид

Основными антропогенными источниками выделения в атмосферу угарного газа, так же как и диоксида серы, являются автомобильный транспорт, ТЭЦ, промышленные производства и котельные. Однако, «вина» автотранспорта в появлении СО намного больше (около 75% от общего загрязнения). Оксид углерода может негативно воздействовать на сердечно-сосудистую и центральную нервную систему человека. Этот газ блокирует способность гемоглобина переносить кислород, что приводит к гипоксии и может вызвать отравление, вплоть до летального исхода [4].

Таблица 4 - Среднегодовые концентрации оксида углерода на ПНЗ города Воронежа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.4>

Оксид углерода	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
Среднее значение концентрации (М), мг/м ³	1,233	1,630	0,819	0,841	1,036
Ошибка среднего (м), мг/м ³	0,024	0,028	0,012	0,014	0,014

В атмосферном воздухе Советского района города Воронежа, несмотря на наличие двух заводов и высокой интенсивности движения автомобильного транспорта, среднегодовая концентрация угарного газа находится в рамках санитарно-гигиенических нормативов и составляет 0,819 мг/м³ при ПДКс.г. = 3 мг/м³ [2]. Взаимосвязи между сезоном года и изменением концентрации оксида углерода практически нет. Такой же вывод можно сделать по суточной динамике изменения содержания СО. В вечернее время концентрация угарного газа незначительно больше, чем в утренние и дневные часы (0,936 мг/м³ против 0,665 мг/м³ и 0,857 мг/м³ соответственно).

3.4. Диоксид азота

Двуокись азота является одним из самых распространённых веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей. Опасность этого газа для здоровья человека заключается в его раздражающем действии на слизистые оболочки, кровеносную систему. Длительное воздействие NO₂ особенно пагубно для лиц престарелого возраста, детей и лиц, имеющих хронические заболевания органов дыхания [7]. Помимо автотранспорта, источниками загрязнения атмосферы диоксидом азота являются ТЭЦ, промышленные предприятия и другие производства, для которых характерны процессы высокотемпературного сгорания различных видов топлива (природного газа, угля, бензина, мазута). Среднегодовые концентрации диоксида азота представлены в табл. 5.

Таблица 5 - Среднегодовые концентрации диоксида азота по ПНЗ города Воронежа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.5>

Диоксид азота	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
Среднее значение концентрации (М), мг/м ³	0,061	0,081	0,058	0,059	0,070
Ошибка среднего, мг/м ³	0,001	0,001	0,0008	0,0009	0,0009

В северо-восточной части Советского района (ПНЗ №8) среднегодовая концентрация диоксида азота превышает нормативные значения почти в 1,5 раза (1,45 ПДКс.г.). С июля отмечается увеличение среднемесячной концентрации NO_2 практически в 2 раза относительно значений июня (0,076 мг/м^3 и 0,039 мг/м^3 соответственно). Рост содержания двуокиси азота наблюдается до октября, далее значения постепенно идут на спад.

Анализ динамики изменения концентрации диоксида азота по времени суток позволяет сделать вывод о том, что содержание NO_2 увеличивается с 7:00 до 19:00 (табл. 6).

Таблица 6 - Концентрация диоксида азота (в долях ПДК среднесуточных) по временам суток (усредненные данные за год) на ПНЗ №8

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.6>

Вещество	Утро (7:00)	День (13:00)	Вечер (19:00)
Диоксид азота NO_2	0,49	0,60	0,65

Данные результаты можно объяснить повышенной транспортной нагрузкой в вечернее время. К тому же, в течение суток диоксид азота накапливается и его содержание в атмосферном воздухе немногим больше вечером, чем утром (за ночь часть NO_2 успевает рассеяться).

3.5. Формальдегид (метаналь)

Формальдегид является канцерогеном. В связи с этим обстоятельством мониторинг содержания данного вещества, содержащегося в выхлопных газах автомобилей, имеет первостепенное значение. Главными антропогенными источниками появления CH_2O в атмосфере считаются автомобильный транспорт и промышленные предприятия (производство пластмасс, резины, лаков, смол). Наиболее поражаемыми органами и системами по результатам токсикологических исследований и научно-практических работ по оценке аэротехногенного риска здоровью населения являются центральная нервная и дыхательная системы, желудочно-кишечный тракт, печень, почки, селезенка, надпочечники, глаза, кожа [4].

Среднегодовые концентрации формальдегида представлены в табл. 7.

Таблица 7 - Среднегодовые концентрации формальдегида на ПНЗ города Воронежа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.7>

Формальдегид	ПНЗ№1	ПНЗ№7	ПНЗ№8	ПНЗ№9	ПНЗ№10
Среднее значение концентрации (М), мг/м^3	0,016	0,019	0,014	не входит в программу наблюдений	0,017
Ошибка среднего, мг/м^3	0,0005	0,0006	0,0004	не входит в программу наблюдений	0,0005

При всей опасности, которую несет это вещество, его среднегодовая концентрация в атмосферном воздухе Советского района составляет 0,014 мг/м^3 , что более, чем в 4,5 раза выше предельно допустимой среднегодовой концентрации. Максимумы загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом приходятся на летний и осенний период (рис. 1).

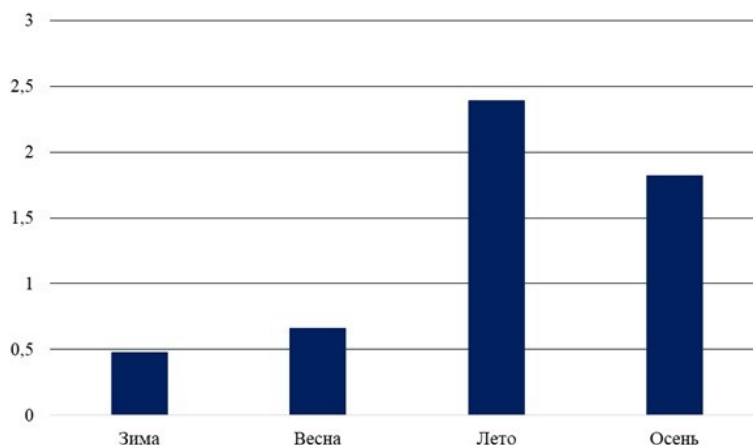


Рисунок 1 - Концентрация формальдегида (в долях ПДК среднесуточной) по сезонам года в Советском районе города Воронежа на ПНЗ №8

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.8>

На диаграмме прослеживается, что зимние и весенние значения концентрации формальдегида в 4–5 раз меньше летних и осенних.

Столь высокие концентрации метанола летом и осенью объясняются повышенной солнечной активностью в эти времена года, что способствует образованию фотохимических реакций с участием оксидов азота и летучих органических соединений [8].

В суточной динамике изменения концентрации CH_2O на ПНЗ №8 также наблюдаются перепады: наименьшие величины характерны для утренних часов (0,011 мг/м^3), в дневное и вечернее время концентрация выше (0,014 и 0,015 мг/м^3 соответственно).

В связи с имеющимися фактами превышения предельно допустимых среднегодовых концентраций некоторых веществ было принято решение провести расчёт уровней канцерогенного и неканцерогенного риска от вдыхания этих веществ для ПНЗ №8, т.к. объектом исследования, согласно названию статьи являлась территория северо-восточной части Советского района города Воронежа.

По результатам расчёта неканцерогенного риска на территории северо-восточной части Советского района можно сделать вывод о том, что по 3 из 5 выбранных для исследования загрязнителей (диоксиду азота, формальдегиду и пыли) наблюдаются настораживающие и высокие уровни рисков. Дополнительную опасность представляет тот факт, что все эти загрязнители воздействуют на органы дыхания, что создает на них большую нагрузку и может привести к болезням дыхательной системы. Расчёт вероятного времени наступления токсического эффекта (Т) также говорит об опасном уровне риска по пыли, формальдегиду и диоксиду азота (табл. 3).

Таблица 8 - Результаты расчётов неканцерогенного риска и вероятного времени наступления токсического эффекта

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.9>

Вещество	Референтная концентрация (RfC), мг/м^3	ПДК среднегодовая, мг/м^3	Среднегодовая концентрация, мг/м^3	Коэффициент опасности (неканцерогенный риск) HQ (безразмерный)	Вероятное время наступления токсического эффекта (Т), лет	Уровень риска
углерода оксид	3,0	3,0	0,82	0,27	91	допустимый
серы диоксид	0,05	0,05	0,005	0,10	250	допустимый
азота диоксид	0,04	0,04	0,058	1,45	17	настораживающий
формальдегид	0,003	0,003	0,014	4,67	3	высокий
взвешенные вещества (пыль)	0,075	0,075	0,190	2,53	10	настораживающий

Примечание: fC и уровни риска по Р 2.1.10.3968-23 [3]; ПДК среднегодовая по СанПиН 1.2.3685-21 [2]

На территории северо-восточной части Советского района канцерогенный риск от вдыхания формальдегида находится на уровне $8,05 \times 10^{-5}$, т.е. приблизительно 8 случаев дополнительных онкологических заболеваний на 100 тысяч населения в течение средней продолжительности жизни, что по критериям приемлемости выше величины целевого (минимального) риска, принятого для условий населенных мест в России (1×10^{-6}).

Обсуждение

Результаты анализа базы данных по стационарному посту №8 показали, что на территории выбранного для исследования района среднегодовые концентрации трёх из пяти приоритетных поллютантов: взвешенных частиц (пыли), диоксида азота и формальдегида, превышают установленные СанПиН 1.2.3685-21 предельно допустимые среднегодовые концентрации [2].

В сравнении с другими ПНЗ города Воронежа можно сделать вывод, что по содержанию (среднегодовые концентрации) взвешенных веществ из 5 ПНЗ территория северо-восточной части Советского района относительно благополучна, т.к. среднегодовая концентрация пыли ($0,190 \text{ мг/м}^3$) ниже, чем на других ПНЗ. По концентрации диоксида серы ($0,005 \text{ мг/м}^3$) соизмерима с ПНЗ №9 и №10 и ниже, чем на ПНЗ №1 и №7. При этом максимум среднегодовой концентрации диоксида серы отмечен на ПНЗ №8 ($0,008 \text{ мг/м}^3$). Среднегодовая концентрация оксида углерода на ПНЗ №8 имеет минимальное значение ($0,819 \text{ мг/м}^3$) по отношению к другим четырем ПНЗ города Воронежа. Эта же закономерность отмечена для диоксида азота: среднегодовая концентрация диоксида азота на ПНЗ №8 имеет минимальное значение ($0,058 \text{ мг/м}^3$) по отношению к другим четырем ПНЗ города Воронежа. среднегодовая концентрация формальдегида ($0,014 \text{ мг/м}^3$) по отношению к другим четырем ПНЗ города Воронежа также имеет минимальное значение. ПНЗ №8 (г. Воронеж, ул. Ворошилова, д.30), расположенный на селитебной территории северо-восточной части Советского района города Воронежа может служить относительно благополучной «точкой отсчета» при оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха города Воронежа. Вместе с тем, даже на относительно благополучном ПНЗ можно сделать вывод о наличии опасных неканцерогенных рисков по трём веществам. Результаты нашего исследования в целом согласуются с материалами других работ, свидетельствующих о повышенных неканцерогенных и канцерогенных рисках в городах, связанных с воздействием аэротехногенных загрязнителей [6], [10].

Заключение

Таким образом, выявлено негативное влияние автомобильного транспорта и, в меньшей степени, производств Воронежского Механического завода и Керамического завода на качество атмосферного воздуха на территории северо-восточной части Советского района города Воронежа. В этой связи существует необходимость проведения мероприятий в области охраны здоровья населения, например, увеличение количества зеленых насаждений в непосредственной близости к пересечению улиц Космонавтов и Ворошилова города Воронежа, оптимизация организации схемы дорожного движения (зеленая волна, одностороннее движение по параллельным улицам, расширение проезжей части, где это возможно).

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

Funding

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Мишкин Д.В., Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.10>

Review

Mishkin D.V., Pacific National University, Khabarovsk Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.162.18.10>

Список литературы / References

1. Обеспеченность автомобилями в крупнейших городах России. ТОП-20 // Автостат. — URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/46332/> (дата обращения: 11.10.2025)
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. — Москва, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. — 469 с. — URL: <https://base.garant.ru/406508041/> (дата обращения: 12.10.2025)
3. Р 2.1.10.3968-23. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания (утв. Роспотребнадзором 06.09.2023). — URL: <https://base.garant.ru/408644981/> (дата обращения: 12.10.2025)
4. Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ. — URL: <https://rpo.hv.ru/online/?ysclid=mh650ezzz8580451576> (дата обращения: 13.10.2025).
5. Богатикова А.А. Оценка атмосферного загрязнения воздуха некоторых магистральных улиц в Советском районе г. Воронежа / А.А. Богатикова, А.А. Стрельникова // Школа экологических перспектив: Материалы конференции, Воронеж, 05–06 ноября 2015 года. — Воронеж: Научная книга, 2015. — С. 179–183. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36852546&pff=1> (дата обращения: 27.10.2025).

6. Куrolap С.А. Оценка экологического риска от воздействия автотранспортного комплекса в крупных городах Центрального Черноземья / С.А. Куrolap // Сборник научных статей / Под ред. С.А. Куrolapa, О.В. Клепикова. — Воронеж: Научная книга, 2018. — С. 6–40. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36885657> (дата обращения: 27.10.25).
7. Прожорина Т.И. Исследование влияния автотранспорта на здоровье населения города Воронежа / Т.И. Прожорина, С.А. Куrolap, О.В. Клепиков // Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов: Сборник научных статей / Под ред. С.А. Куrolapa, О.В. Клепикова. — Воронеж: Цифровая полиграфия, 2020. — С. 59–69. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44773423&pff=1> (дата обращения: 27.10.25).
8. Рубцова Л.А. Геоэкологическая оценка влияния метеорологических условий на загрязнение формальдегидом воздушного бассейна города Воронежа / Л.А. Рубцова, С.А. Куrolap // Региональный анализ состояния окружающей среды и экологические риски для населения: сборник научных статей. — Воронеж: Цифровая полиграфия, 2021. — С. 188–201. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47227080&pff=1> (дата обращения: 27.10.25).
9. Рябова С.А. Аэрозольное загрязнение атмосферы (обзор). Часть 1. Источники, химический состав, количество природных первичных аэрозольных частиц и их воздействие на здоровье человека / С.А. Рябова // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. — 2025. — № 2. — С. 207–237. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82319604> (дата обращения: 27.10.25). — DOI: 10.31857/S0002351525020066
10. Мякишева Ю.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра / Ю.А. Мякишева, И.В. Федосейкина, Н.А. Михайлюк [и др.] // Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. — 2022. — № 3. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48242462> (дата обращения: 27.10.25). — DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
11. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2024 году». — Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2024 — 199 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Obespechennost' avtomobilyami v krupnejshih gorodah Rossii. TOP-20 [Availability of cars in Russia's largest cities. TOP 20] // Autostat. — URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/46332/> (accessed: 11.10.2025) [in Russian]
2. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredi obitaniya [Sanitary Rules and Regulations No1.2.3685-21. Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Human Habitat Factors]. — Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2021. — 469 p. — URL: <https://base.garant.ru/406508041/> (accessed: 12.10.2025) [in Russian]
3. R 2.1.10.3968-23. 2.1.10. Sostoyanie zdorov'ya naseleniya v svyazi s sostoyaniem okruzhayushchej sredy i usloviyami prozhivaniya naseleniya. Rukovodstvo po ocenke riska zdorov'yu naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchih sredy obitaniya [Guide 2.1.10.3968-23. 2.1.10. The state of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Guide for assessing the health risk to the population from exposure to chemicals that pollute the environment] (approved by Rospotrebnadzor on 06.09.2023). — URL: <https://base.garant.ru/408644981/> (accessed: 12.10.2025) [in Russian]
4. Federal'nyj registr potencial'no opasnyh himicheskikh i biologicheskikh veshchestv [Federal Register of Potentially Dangerous Chemical and Biological Substances]. — URL: <https://rphv.ru/online/?ysclid=mh650ezzz8580451576> (accessed: 13.10.2025). [in Russian]
5. Bogatikova A.A. Otsenka atmosfernogo zagryazneniya vozdukha nekotorykh magistralnikh ulits v Sovetskom raione g. Voronezha [Assessment of atmospheric air pollution on some main streets in the Sovetsky District of Voronezh] / A.A. Bogatikova, A.A. Strelnikova // School of Environmental Perspectives: Conference Proceedings, Voronezh, November 5–6, 2015. — Voronezh: Nauchnaya kniga, 2015. — P. 179–183. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36852546&pff=1> (accessed: 27.10.25). [in Russian]
6. Kurolap S.A. Otsenka ekologicheskogo riska ot vozdeistviya avtotransportnogo kompleksa v krupnikh gorodakh Tsentralnogo Chernozem'ya [Assessment of the environmental risk caused by the motor transport complex in the major cities of the Central Black Earth Region] / S.A. Kurolap // Collection of scientific articles / Ed. by S.A. Kurolap, O.V. Klepikov. — Voronezh: Nauchnaya kniga, 2018. — P. 6–40. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36885657> (accessed: 27.10.25). [in Russian]
7. Prozhorina T.I. Issledovanie vliyaniya avtotransporta na zdorove naseleniya goroda Voronezha [Research on the Impact of Motor Vehicles on the Health of the Population in Voronezh] / T.I. Prozhorina, S.A. Kurolap, O.V. Klepikov // Regional Environmental Diagnostics of the Air Environment in Industrial Cities: Collection of Scientific Articles / Ed. by S.A. Kurolap, O.V. Klepikov. — Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya, 2020. — P. 59–69. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44773423&pff=1> (accessed: 27.10.25). [in Russian]
8. Rubtsova L.A. Geoekologicheskaya otsenka vliyaniya meteorologicheskikh uslovii na zagryaznenie formaldegidom vozdushnogo basseina goroda Voronezha [Geoeological assessment of the impact of meteorological conditions on formaldehyde pollution of the air basin of the city of Voronezh] / L.A. Rubtsova, S.A. Kurolap // Regional analysis of the state of the environment and environmental risks for the population: a collection of scientific articles. — Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya, 2021. — P. 188–201. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47227080&pff=1> (accessed: 27.10.25). [in Russian]
9. Ryabova S.A. Aerazolnoe zagryaznenie atmosfery (obzor). Chast 1. Istochniki, khimicheskii sostav, kolichestvo prirodnikh pervichnikh aerazolnikh chastits i ikh vozdeistvie na zdorove cheloveka [Aerosol pollution of the atmosphere (review). Part 1. Sources, chemical composition, quantity of natural primary aerosol particles, and their impact on human health] / S.A. Ryabova // Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana [Proceedings of the Russian Academy

of Sciences. Atmospheric and Oceanic Physics]. — 2025. — № 2. — P. 207–237. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82319604> (accessed: 27.10.25). — DOI: 10.31857/S0002351525020066 [in Russian]

10. Myakisheva Yu.A. Vliyanie zagryazneniya atmosfernogo vozdukha na formirovanie riska zdorovyu naseleniya ekologicheski neblagopoluchnogo raiona krupnogo promishlennogo tsentra [The impact of air pollution on the health risk of the population in an environmentally disadvantaged area of a large industrial center] / Yu.A. Myakisheva, I.V. Fedoseikina, N.A. Mikhailyuk [et al.] // Zdorove naseleniya i sreda obitaniya — ZNiSO [Public Health and Habitat — PHH]. — 2022. — № 3. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48242462> (accessed: 27.10.25). — DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52 [in Russian]

11. Doklad «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Voronezhskoj oblasti v 2024 godu» [Report "On the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Voronezh Region in 2024"]. — Voronezh: Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Voronezh Region, 2024 — 199 p. [in Russian]