

Оценка экологического состояния атмосферного воздуха

г. Ростова-на-Дону

Е.А. Однороманенко, А.А. Зимовец, К.И. Колесников

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Статья посвящена оценке загрязнения атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону за период с 2019 по 2023 гг. Материалами для написания статьи послужили данные из «Экологического вестника Дона» и «Ежегодников состояния атмосферы в городах на территории России». Оценка производилась с помощью комплексного показателя загрязнения атмосферы по пяти загрязняющим веществам (взвешенные вещества, диоксид азота, формальдегид, диоксид серы и оксид углерода). Исследование позволило выявить динамику и пространственное распределение загрязнения атмосферного воздуха. Установлено, что максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха характерны для центральной части города. Наиболее благоприятная обстановка наблюдается на востоке, в то время как западные и северные районы демонстрируют умеренные показатели. По результатам исследования была составлена карта-схема загрязнения атмосферного воздуха различных районов Ростова-на-Дону, демонстрирующая выявленные пространственные закономерности. К основным факторам, определившим сложившуюся экологическую обстановку, можно отнести: объем транспортной нагрузки, близость промышленных зон и уровень озеленения территории. Результаты исследования представляют практическую ценность для Росгидромета и Министерства природных ресурсов и экологии РФ, а также могут быть использованы учебными заведениями и научными организациями при разработке мер по защите населения и окружающей среды.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, состояние атмосферы, содержание загрязняющих веществ, экологическая ситуация, динамика загрязнения, состояние окружающей среды.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах – одна из наиболее серьезных экологических проблем современности. Повышенное содержание поллютантов различного генезиса в воздухе негативно сказывается на здоровье населения, повышая риск преждевременной смерти от обострения респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, а также рака легких [1]. За период с 2020 по 2023 гг. число зарегистрированных заболеваний органов дыхания среди населения Ростовской области возросло с 1,382 до 1,493 млн случаев. При этом пиковый показатель был зафиксирован в 2022 г. – 1,667 млн случаев [2].

Загрязнение атмосферного воздуха негативно сказывается и на состоянии городских зеленых насаждений, приводя к их ослаблению, патоморфологическим изменениям органов, фитопатологии и даже гибели растений [3]. Загрязняющие вещества поступают в атмосферу как из стационарных источников, так и передвижных. К последним относится автотранспорт, численность которого в последнее время неуклонно растет, что приводит к усугублению экологической ситуации, особенно в крупных городах.

По данным «Автостат Инфо» на 01.01.2024 г. численность легковых автомобилей в России достигла 44,1 млн единиц, что на 1% больше, чем по данным на 01.07.2023 г. [4]. В г. Ростове-на-Дону с населением более 1 млн человек насчитывается 325 тыс. машин, при этом на долю автотранспорта в суммарных антропогенных выбросах загрязняющих веществ пришлось 87,3% от общей доли всех загрязняющих веществ. Город занял пятое место в стране по объемам автомобильных выбросов в 2017 г. [5].

В 2023 г. на долю стационарных источников приходилось 69% всех выбросов, а на долю автотранспорта соответственно 31% [6]. Высокая плотность населения, большое количество автотранспорта, наличие промышленных предприятий, особенности метеоусловий (инверсии температур воздуха) обуславливают высокий уровень загрязнения атмосферы г. Ростова-на-Дону.

В научной литературе достаточно широко освещена проблема экологической безопасности Ростовской области [7,8], а также проблема загрязнения атмосферного воздуха региона [9,10]. Множество научных работ посвящено загрязнению атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону, включая анализ рисков для здоровья населения города [11], загрязнения отдельными химическими элементами (свинцом [12] и цезием [13]), а также состоянию атмосферы отдельных районов города [14]. Кроме того, имеются работы,

посвященные созданию автоматизированных систем контроля загрязнения атмосферы [15]. Проведенный анализ литературы выявил, что существующие работы носят несколько разрозненный характер. Большинство из них посвящено либо мониторингу конкретных загрязняющих веществ [12,13], либо оценке качества воздуха в пределах отдельных городских районов [14], в то время как комплексные исследования, дающие интегральную картину, весьма малочисленны.

Таким образом, комплексная оценка экологического состояния атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону является актуальной научно-практической задачей, решение которой составляет цель настоящего исследования.

Материалы и методы

Оценка экологического состояния атмосферного воздуха производилась на основании комплексного показателя загрязнения атмосферы (I_5), рассчитанного в соответствии с положениями (РД 52.04.667-2005 Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию), за период с 2019 по 2023 гг. Были выбраны приоритетные загрязняющие вещества, вносящие основной вклад в формирование уровня загрязнения воздуха: взвешенные вещества (пыль), диоксид азота (NO_2) и формальдегид (CH_2O) (Экологический вестник Дона: «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2023 году». Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области), а также диоксид серы (SO_2) и оксид углерода (CO), составляющие большую часть (>66%) суммарных антропогенных выбросов в атмосферу [6].

География исследований включала в себя четыре выделенных автором части города с учетом расположения постов наблюдения за экологическим

состоянием атмосферного воздуха – Северная, Центральная, Восточная и Западная (рис. 1).

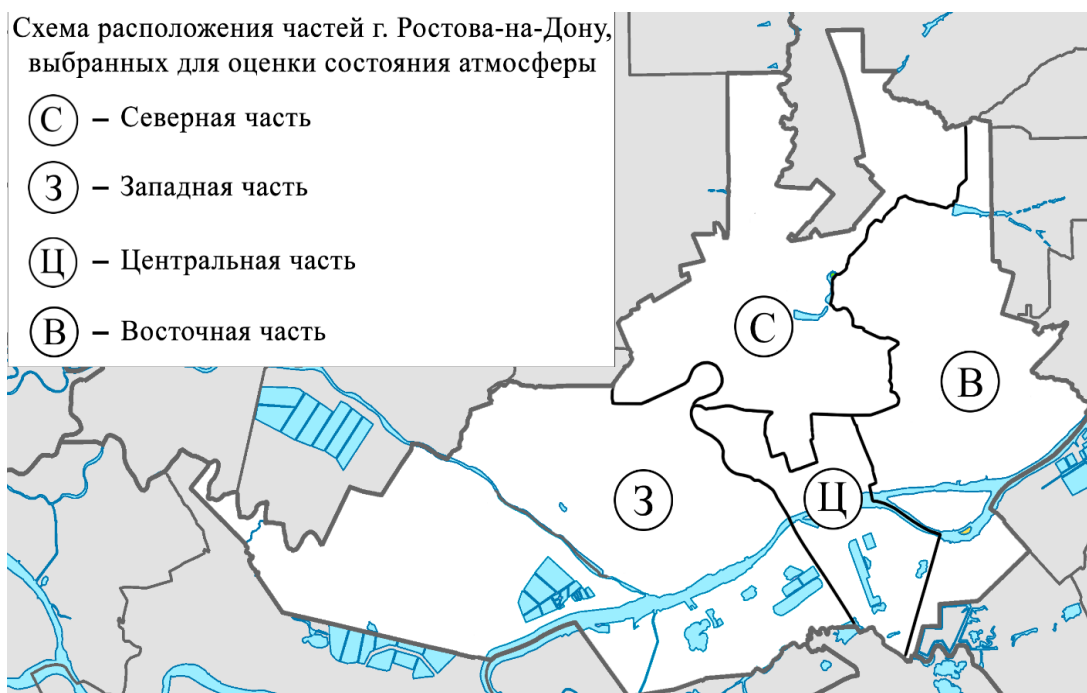


Рис. 1. – Схема расположения частей г. Ростова-на-Дону, выбранных для оценки состояния атмосферы

Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону зависит от географии распределения крупных промышленных предприятий и магистралей, ширины дорог и качества дорожного покрытия, плотности населения и жилой застройки, наличия зеленых функциональных зон. Так, Северная часть города объединяет Ворошиловский и Октябрьский районы, пункты наблюдения, используемые для оценки загрязнения атмосферного воздуха этих районов территориально расположены в пределах селитебной зоны Северного жилого массива и прилегающих территорий и используются для определения городских фоновых значений загрязнения атмосферы. Северная часть города отличается относительно высоким показателем обеспеченности зелеными насаждениями – около 28,5% от всей площади [16], а также наибольшей численностью и плотностью населения – по состоянию на 01.01.2024 здесь проживало 386,4 тыс. человек [17], плотность

населения таким образом составила 4 362 чел./км². Также здесь расположены два из восьми стационарных источников, вносящих основной вклад в загрязнение атмосферы – ОАО «Роствертол» и «Районная котельная № 3 ЛУКОЙЛ-Ростовэнерго» [6, 18]. Центральная часть города отличается интенсивным движением автотранспорта и территориально охватывает Ленинский и Кировский районы, расположенные в центре г. Ростова-на-Дону, где размещены посты наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в условиях высокой транспортной нагрузки. Для центра города характерна наименьшая обеспеченность зелеными насаждениями – 13,5% [16], а также очень высокая плотность населения – 4 358 чел./км². Также здесь расположены два из восьми основных стационарных источников выбросов – Ростовский Комбинат Хлебопродуктов и «Центральная котельная ЛУКОЙЛ-Ростовэнерго» [18]. Восточная часть города объединяет Первомайский и Пролетарский районы, здесь расположены посты наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в условиях негативного воздействия промышленных предприятий, к числу которых относятся три из восьми основных стационарных источников выбросов – «Ростовский литейный завод», «Комбайновый завод «Ростсельмаш», а также «Районная котельная № 4 ЛУКОЙЛ-Ростовэнерго» [6, 18]. При этом важно отметить, что восточная часть города отличается наибольшим показателем обеспеченности зелеными насаждениями – 31,5% [16] и несколько меньшей плотностью населения – 3 793 чел./км². Западная часть территориально охватывает Советский и Железнодорожный районы города. Посты наблюдения за загрязнением атмосферы располагаются как в пределах жилой зоны, так и вблизи промышленных предприятий (здесь расположен 1 из 8 основных стационарных источников выбросов – ТЭЦ-2). При этом стоит отметить, что на пунктах наблюдения в этих районах не фиксируется содержание формальдегида в воздухе, поэтому для данного

района при расчетах было взято среднее содержание формальдегида по городу. Западная часть города отличается высоким показателем обеспеченности зелеными насаждениями – 30,7%, а также наименьшей плотностью населения – 2 006 чел./км².

Основными материалами для работы послужили данные, полученные из литературных источников – Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области» и Ежегодников состояния атмосферы в городах на территории России [6].

Результаты исследования.

Для Северной части города среднее содержание взвешенных частиц за период с 2019 по 2023 гг. составило 1 ПДК, при этом наблюдалось превышение ПДК в 1,5 раза в 2020 г., после чего содержание пыли в атмосфере уменьшилось и не превышало ПДК до конца рассматриваемого периода (рис. 2).

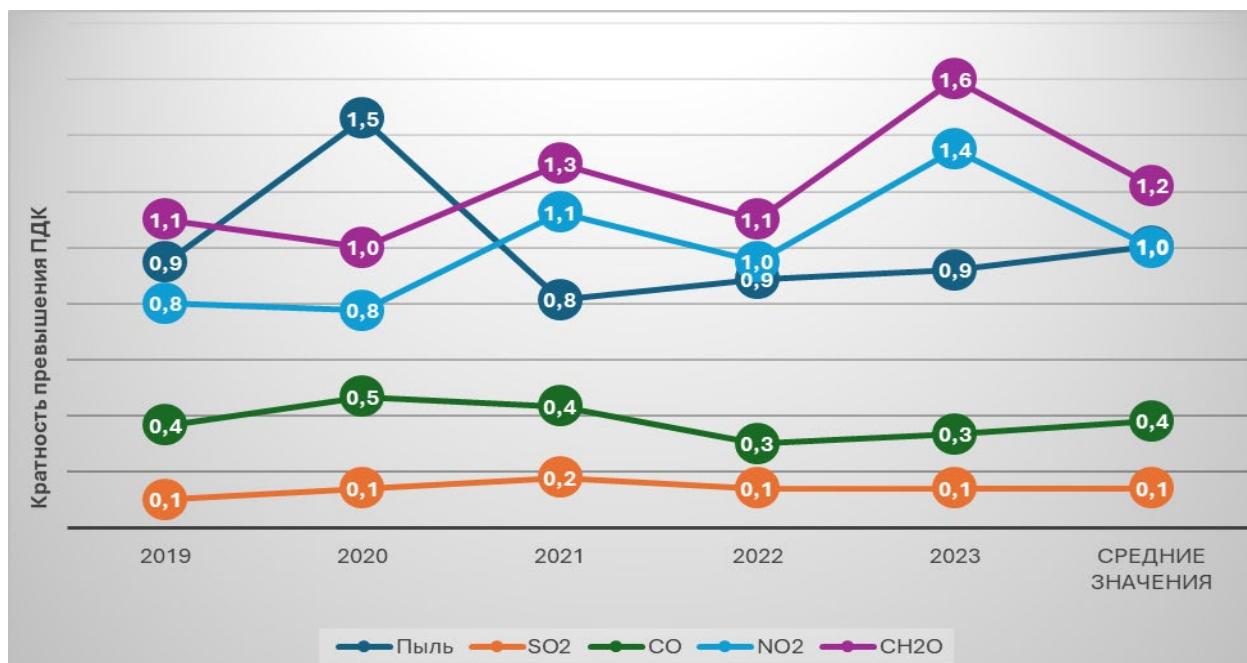


Рис. 2. – Изменение концентрации веществ в атмосфере Северной части г. Ростова-на-Дону в 2019-2023 гг. (в кратностях превышения ПДК)

Наибольшее среднее содержание взвешенных частиц наблюдалось в Центральной части города – среднее содержание за пятилетний период составило 2,1 ПДК, при этом наблюдается постепенное уменьшение содержания с 2,7 в 2019 г. до 1,7 ПДК в 2023 г. (рис. 3).

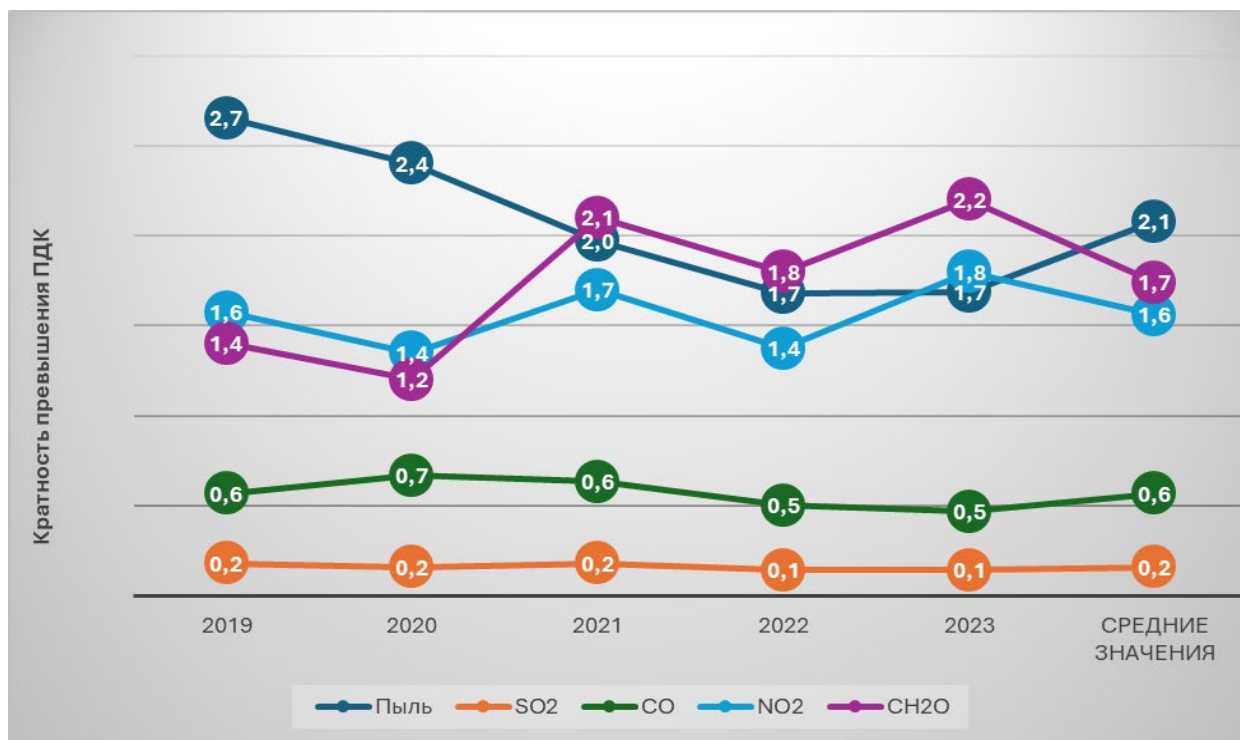


Рис. 3. – Изменение концентрации веществ в атмосфере Центральной части г. Ростова-на-Дону в 2019-2023 гг. (в кратностях превышения ПДК)

Среднее содержание пыли в атмосфере Восточной и Западной частей города составило 1,2 и 1,1 ПДК соответственно (рис. 4-5).

При этом почти во всех исследуемых районах (кроме Северной части, где содержание осталось практически неизменным) наблюдается уменьшение содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе.

Содержание диоксида серы (как среднее, так и ежегодное) во всех рассматриваемых частях составило 0,1-0,2 ПДК, причем для северной, центральной и восточной частей города характерно некоторое уменьшение содержания диоксида серы в воздухе с 2019 по 2023 годы. (рис. 1-4).

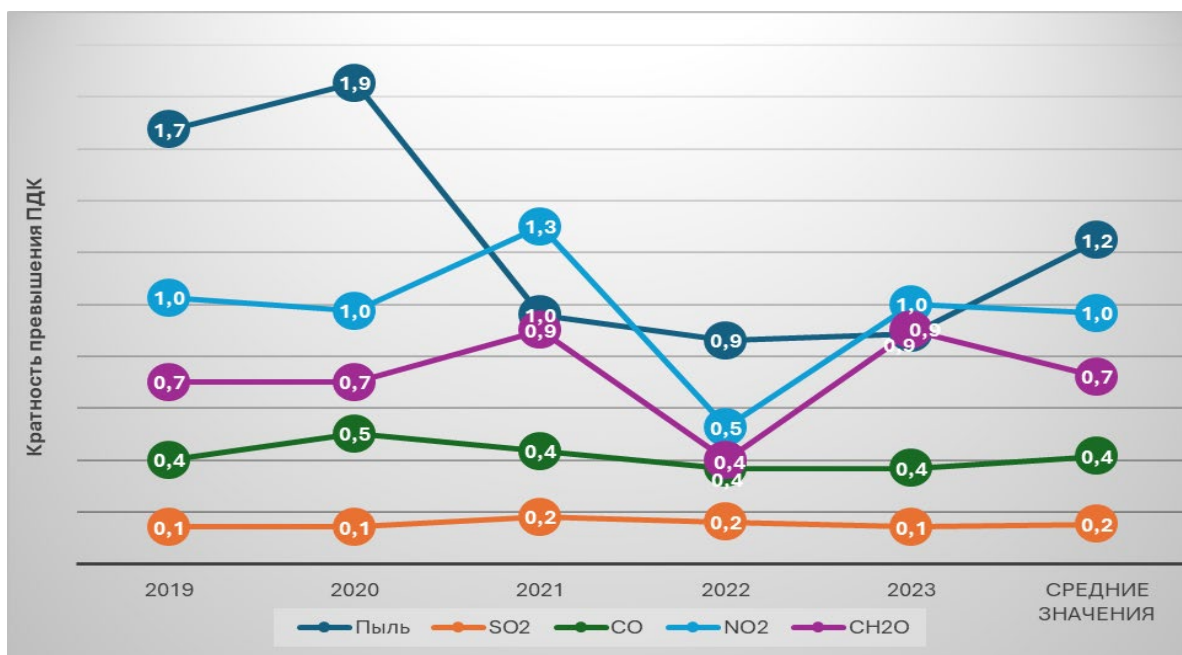


Рис. 4. – Изменение концентрации веществ в атмосфере Восточной части г. Ростова-на-Дону в 2019-2023 гг. (В кратностях превышения ПДК)

Динамика содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Западной части г. Ростова-на-Дону представлена на рисунке 5.

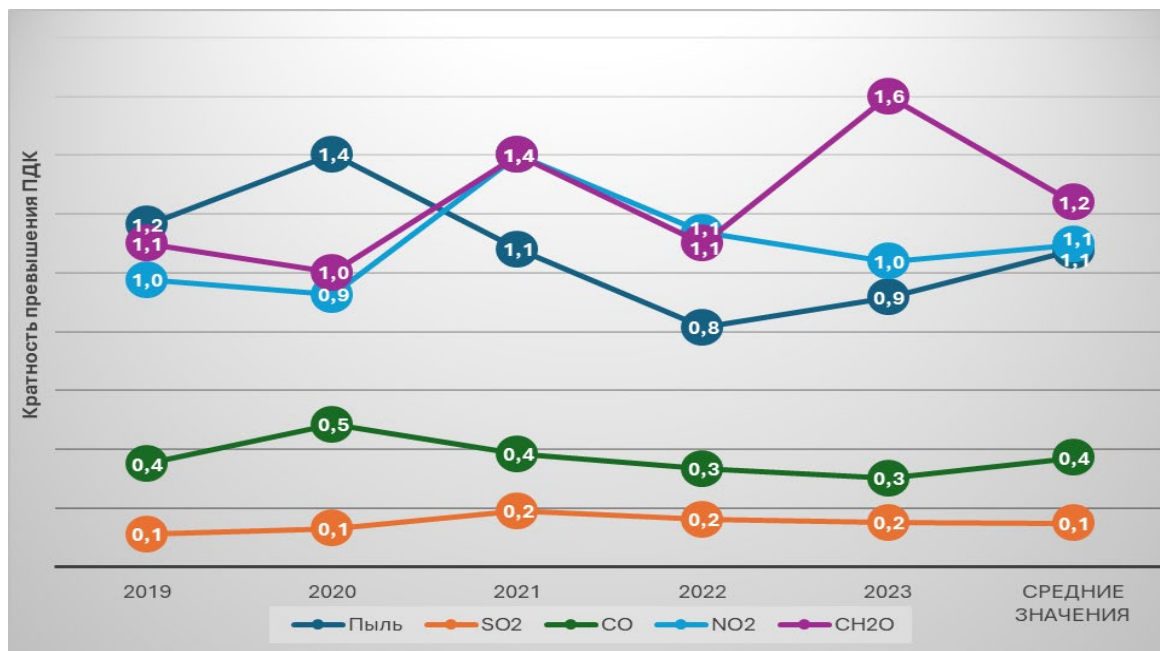


Рис. 5. – Изменение концентрации веществ в атмосфере Западной части г. Ростова-на-Дону в 2019-2023 гг. (В кратностях превышения ПДК)

Содержание оксида углерода во всех частях города не превышало ПДК, находясь в пределах 0,4-0,6 ПДК, причем во всех частях города наблюдается уменьшение содержания СО в воздухе.

Содержание диоксида азота составило 1 ПДК для Северной и Восточной частей, причем незначительные превышения ПДК зафиксированы только в 2021 и 2023 гг. в Северной части и в 2021 г. на Востоке города. Наибольшее содержание NO₂ характерно для Центральной части города, составившее 1,6 ПДК. В пределах Западной части города среднее содержание диоксида азота составило 1,1 ПДК. При этом для всех частей города характерно повышенное содержание NO₂ в 2021 г.

Среднее содержание формальдегида за рассматриваемый период составило 0,7 ПДК в Восточной части, 1,2 ПДК в Северной и Западной частях города, наибольшее среднее содержание – в Центре города – 1,7 ПДК. При этом во всех районах наблюдается тенденция увеличения содержания формальдегида в атмосферном воздухе (увеличение содержания в 2023 году по сравнению с 2019 составило от 28 до 57%).

На основе расчета комплексного показателя загрязнения атмосферы (I₅) по пяти выделенным веществам (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и формальдегид) удалось установить пространственные особенности загрязнения атмосферы г. Ростова-на-Дону. Динамика показателя загрязнения по частям города представлена на рис. 6.

Наименьшая степень загрязнения атмосферного воздуха по указанным веществам характерна для Восточной части города, показатель I₅ = 3,5 (средний за период 2019-2023 гг.). Причем только в Восточной части наблюдается тенденция уменьшения загрязнения атмосферы (прежде всего за счет снижения содержания пыли, содержание других веществ находится примерно на одном уровне).

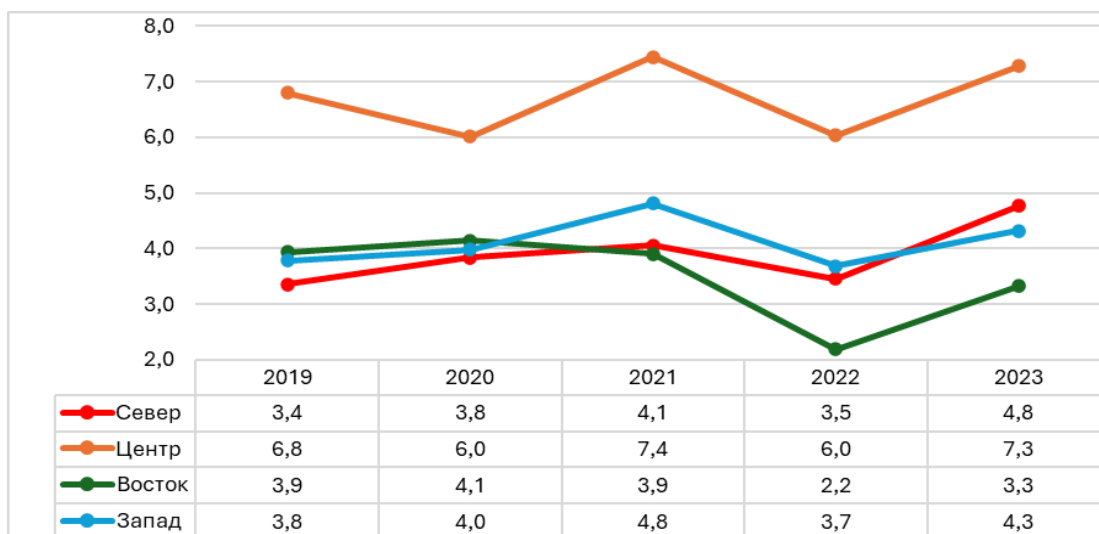


Рис. 6. – Динамика изменения показателя загрязнения атмосферы (I_5) по частям города в 2019-2023 гг.

Средние значения показателя загрязнения атмосферы (I_5) по различным частям города за исследуемый период представлены на рис. 7.

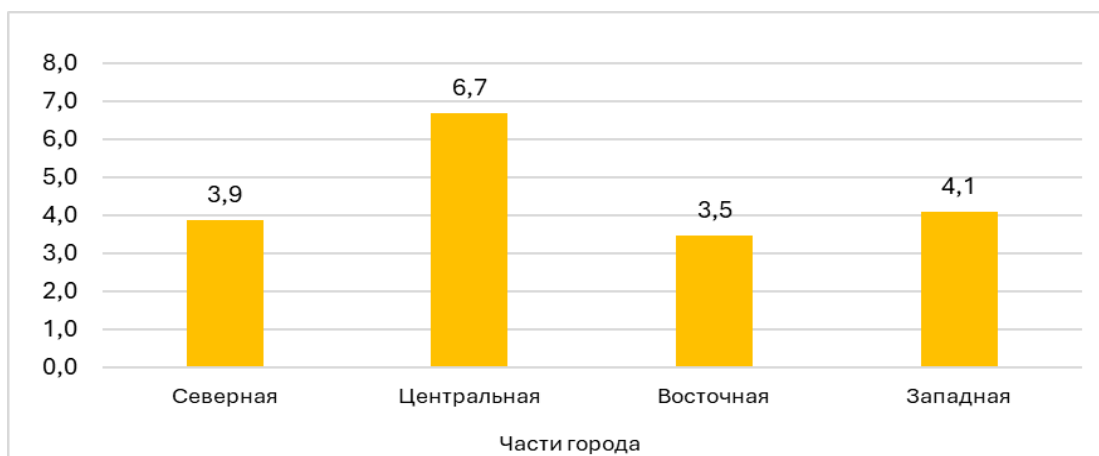


Рис. 7. – Средние значения показателя загрязнения атмосферы (I_5) по частям города за 2019-2023 гг.

Несколько большим показателем загрязнения атмосферы отличается Северная часть города, $I_5 = 3,9$. В данном случае наблюдается некоторое увеличение загрязнения атмосферы в период с 2019 по 2023 гг. (за счет увеличения содержания диоксида азота и формальдегида, содержание остальных веществ неизменно). Еще несколько более высоким загрязнением атмосферы отличается Западная часть города ($I_5 = 4,1$). Наибольшим

загрязнением атмосферного воздуха отличается центральная часть города, включающая пересечение автомагистралей с насыщенным движением транспорта, показатель $I_5 = 6,7$. Здесь также наблюдается увеличение загрязнения атмосферы за рассматриваемый период, преимущественно за счет увеличения выбросов формальдегида, а также диоксида азота.

Также стоит отметить, что для запада, центра и востока города характерно уменьшение показателя загрязнения атмосферы в 2023 г. по сравнению с 2021 г., при этом для всех четырех частей города характерны более высокие показатели загрязнения в 2023 г. по сравнению с 2022 г., поэтому однозначно определить тенденцию изменения загрязнения атмосферы невозможно, необходимы новые данные и продолжение работы в этом направлении.

На основе полученных данных была построена карта-схема города с выделением частей с различными уровнями загрязнения атмосферы (по показателю I_5), представленная на рис. 8.

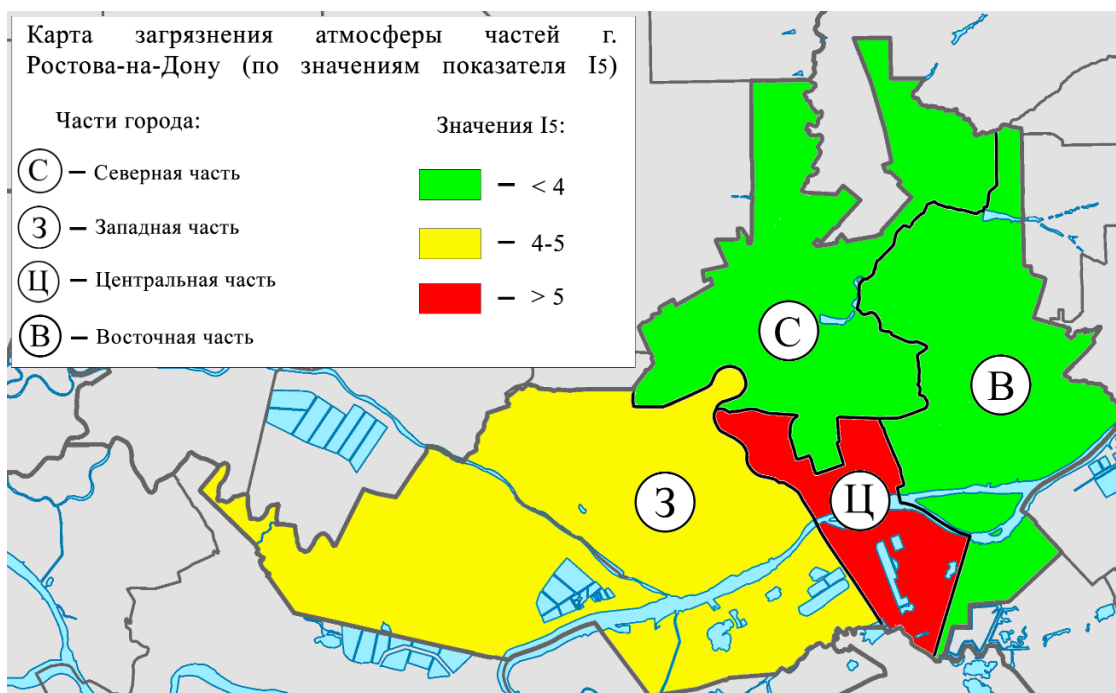


Рис. 8. — Карта-схема загрязнения атмосферы различных частей г. Ростова-на-Дону

Заключение

На основе анализа концентраций пяти основных загрязняющих веществ (взвешенные вещества, диоксид азота, формальдегид, диоксид серы и оксид углерода) была проведена оценка экологического состояния атмосферного воздуха различных районов г. Ростова-на-Дону. Наибольшая степень загрязнения атмосферы была выявлена для Центра города, где зафиксировано превышение ПДК по трем (пыль, диоксид азота и формальдегид) из пяти определяемых веществ. Сложившаяся ситуация обусловлена, вероятно, совокупным воздействием интенсивного движения автотранспорта на крупных автомагистралях, наличия стационарных источников загрязнения, высокой плотности населения и дефицита зелёных насаждений. Проблему усугубляют характерные для города метеорологические условия, в частности, частые температурные инверсии, препятствующие рассеиванию вредных примесей в воздухе. Наименьшая степень загрязнения атмосферы характерна для Восточной части города, где зафиксировано незначительное превышение ПДК только по содержанию взвешенных частиц (1,2 ПДК), несмотря на расположение здесь трех из восьми основных стационарных источников загрязнения, вероятно, благодаря наиболее высокой обеспеченности зелеными насаждениями и относительно невысокой плотности населения. В северной и западной частях города, отличающихся средними показателями загрязнения, также наблюдаются незначительные превышения ПДК, но уже по большему количеству веществ, в целом содержание загрязняющих веществ в этих районах близко, либо не превышает предельно допустимые значения.

Выявлена тенденция к повышению уровня загрязнения атмосферы для северной, центральной и западной частей города. При этом восточная часть города отличается постепенным уменьшением содержания загрязняющих веществ в атмосфере. Таким образом, наиболее неблагоприятная

экологическая ситуация складывается вокруг городского центра с интенсивными потоками транспорта и высокой плотностью застройки, в то время как в пределах жилой зоны Северного жилого массива, а также в восточной части города степень загрязнения атмосферы ниже в 1,7-1,9 раз по сравнению с центром. Это обуславливает необходимость проведения мероприятий по оздоровлению воздушного бассейна прежде всего в центральных районах города, включая модернизацию транспортных магистралей, строительство новых маршрутов, расширение существующих, развитие сети общественного транспорта и более грамотное регулирование транспортных потоков, поскольку наибольший вклад в загрязнение атмосферы центральных районов города вносит автотранспорт.

Стоит отметить, что в силу отсутствия точной информации о выбросах промышленных предприятий, а также о динамике численности автотранспорта и других факторов, невозможно однозначно определить факторы, обуславливающие сложившуюся картину распределения загрязнения по территории города. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования по определению объемов поступления загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, а также определение механизмов распространения загрязняющих веществ.

Литература

1. Гасайниева А. Г., Гасайниева М. Г. О загрязнении атмосферы мелкодисперсной пылью и, о ее влиянии на здоровье человека // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4664/
2. Заболеваемость населения по основным классам болезней // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области URL: 61.rosstat.gov.ru/folder/29230 (дата обращения: 10.05.2025).

3. Струначева И.М., Зимовец А.А., Ханов Т.Ч., Жаловага М.И. Анализ современного состояния садово-парковых ландшафтов г. Ростова-на-Дону (на примере парка культуры и отдыха имени Максима Горького) // Инженерный вестник Дона, 2023. – № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8502.

4. В России насчитывается 44,1 млн легковых машин // Автостат Инфо URL: <https://avtostat-info.com/News/11787> (дата обращения: 05.05.2025).

5. Андреева Е.С., Климов П.В., Андреев С.С., Ларина Т.А., Липовицкая И.Н. Аспекты загрязнения атмосферного воздуха Ростова-на-Дону (на примере периода времени с 2015 по 2017 г.) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, 2019. – №3 (203). С. 39-44.

6. Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2023 г. – Санкт-Петербург: ФГБУ «ГГО», 2023 – 265 с.

7. Arkhipova O.E., Chernogubova E.A. Potential prognostic indicator of the health and environmental safety (hes) on the example of Rostov region // Ecology Economy Informatics System analysis and mathematical modeling of ecological and economic systems, 2017 – 1(2). – pp. 411-416

8. Ефремова М.Е., Молев М.Д. Оценка состояния экологической безопасности в Ростовской области // Материалы Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (интекс-2021)» (Москва, 12-15 апреля 2021 г.). – С. 59-64.

9. Климов П.В. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха городов Ростовской области // Безопасность техногенных и природных систем, 2018. – № 1-2. – С. 107-113.

10. Меринова Ю.Ю., Иванченко А.М., Хаванский А.Д., Латун В.В. Территориальные диспропорции распределения выбросов загрязняющих веществ в атмосфере Ростовской области // Известия Дагестанского

государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 2020. – Т. 14 – № 3. – С. 98-104.

11. Klimov P., Basilaia M. Estimation of atmospheric air pollution and health risk for Rostov-on-Don population // Научный альманах стран Причерноморья, 2017. – Т. 10. – № 2. – С. 44-48.

12. Зорина Л.В., Стасов В.В., Бураева Е.А. Оценка техногенной составляющей загрязнения приземного слоя атмосферы свинцом-210 (на примере юго-востока г. Ростова-на-Дону) // Инженерный вестник Дона, 2007, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/18

13. Стасов В.В. ^{137}Cs в приземном слое воздуха // Инженерный вестник Дона, 2008, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/75

14. Мартынова М.И., Землянская Е.А., Зубкова П.С. Воздействие автотранспорта на состояние атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону (на примере Кировского района) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, 2010. – № 4 (158). – С. 108-111.

15. Ляшенко Н.В., Лепихова В.А. Обоснование создания региональной информационной аналитической системы оценки и прогнозирования состояния воздушной среды // Инженерный вестник Дона, 2023, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8153

16. «ТЕРРА ТЕХ» и Роскосмос составили «зеленый рейтинг» российских городов-миллионников // TerraTech. URL: terratech.ru/company/news/terra-tekh-i-roskosmos-sostavili-zelenyy-reyting-rossiyskikh-gorodov-millionnikov/ (дата обращения: 10.05.2025).

17. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики URL: rosstat.gov.ru/compendium/document/13282 (дата обращения: 01.05.2025).

18. Неблагоприятные метеорологические условия // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» URL: yugmeteo.donpac.ru/nmu/ (дата обращения: 15.05.2025).

References

1. Gasayniyeva A. G., Gasayniyeva M. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4664/
2. Zaboлеваmost` naseleniya po osnovny`m klassam boleznej [Morbidity of the population by major classes of diseases]. Territorial`ny`j organ Federal`noj sluzhby` gosudarstvennoj statistiki po Rostovskoj oblasti. URL: 61.rosstat.gov.ru/folder/29230 (Date accessed: 10.05.2025).
3. Strunacheva I.M., Zimovecz A.A., Xanov T.Ch., Zhalovaga M.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 5 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8502.
4. V Rossii naschityvayetsya 44, 1 mln legkovykh mashin [There are 44.1 million passenger cars in Russia]. Avtostat Info URL: avtostat-info.com/News/11787 (Date accessed 05.05.2025).
5. Andreeva E.S., Klimov P.V., Andreev S.S., Larina T.A., Lipoviczkaya I.N. Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvenny`e nauki, 2019. №3 (203). pp. 39-44.
6. Ezhegodnik Sostoyanie zagryazneniya atmosfery` v gorodax na territorii Rossii za 2023 g. [Yearbook on the state of atmospheric pollution in cities in Russia for 2023]. Sankt-Peterburg: FGBU «GGO», 2023. 265 p.
7. Arkhipova O.E., Chernogubova E.A. Potential prognostic indicator of the health and environmental safety (hes) on the example of Rostov region. Ecology Economy Informatics System analysis and mathematical modeling of ecological and economic systems, 2017 1(2). pp. 411-416

8. Efremova M.E., Molev M.D. Materialy` Vserossijskoj nauchnoj konferencii molody`x issledovatelej s mezhdunarodny`m uchastiem «Innovacionnoe razvitie texniki i texnologij v promy`shlennosti (inteks-2021)» (Moskva, 12-15 aprelya 2021 g.). pp. 59-64.
 9. Klimov P.V. Bezopasnost` texnogenny`x i prirodny`x sistem, 2018. № 1-2. pp. 107-113.
 10. Merinova Yu.Yu, Ivanchenko A.M., Xavanskij A.D., Latun V.V. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvenny`e i tochny`e nauki, 2020. № 3. pp 98-104.
 11. Klimov P., Basilaia M. Nauchny`j al`manax stran Prichernomor`ya, 2017. V. 10. № 2. pp. 44-48.
 12. Zorina L.V., Stasov V.V., Buraeva E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2007, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2007/18
 13. Stasov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2008, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/75
 14. Marty`nova M.I., Zemlyanskaya E.A., Zubkova P.S. Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvenny`e nauki, 2010. № 4 (158). pp. 108-111.
 15. Lyashenko N.V., Lepixova V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8153
 16. «TERRA TEX» i Roskosmos sostavili «zeleny`j rejting» rossijskix gorodov-millionnikov [TERRA TECH and Roscosmos have compiled a "green rating" of Russian cities with a population of more than 1 million]. TerraTex. URL: terratech.ru/company/news/terra-tekh-i-roskosmos-sostavili-zelenyy-reyting-rossiyskikh-gorodov-millionnikov/ (Date accessed: 10.05.2025).
 17. Chislennost` naseleniya Rossijskoj Federacii po municipal`ny`m obrazovaniyam [Population of the Russian Federation by municipalities].
-



Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: rosstat.gov.ru/compendium/document/13282 (Date accessed: 01.05.2025).

18. Neblagopriyatny'e meteorologicheskie usloviya [Unfavorable meteorological conditions]. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie «Severo-Kavkazskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushhej sredy» URL: yugmeteo.donpac.ru/nmu/ (Date accessed: 15.05.2025).

Дата поступления: 11.10.2025

Дата публикации: 27.11.2025