



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

На тему Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга  
автомобильным транспортом

**Исполнитель** Музалевская Анна Алексеевна  
(фамилия, имя, отчество)  
**Руководитель** кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)  
Колесникова Евгения Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)  
Алексеев Денис Константинович  
(фамилия, имя, отчество)

08 06 2022 г.

Санкт-Петербург  
2022

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1. Особенности формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга.....	6
1.1 Физико-географическая характеристика региона .....	6
1.2. Климатическая характеристика .....	7
1.3 Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.....	8
1.4 Экологический мониторинг атмосферного воздуха в РФ и Санкт-Петербурге.....	10
1.5 Мероприятия по защите атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге .....	14
Глава 2. Особенности влияния автотранспорта на уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.....	16
2.1 Проблема оценки воздействия автотранспорта на атмосферный воздух. 16	
2.2 Определение загруженности автомобильным транспортом главных дорог города .....	18
Глава 3. Статистический анализ динамики и тенденций загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом в условиях г. Санкт-Петербурга.....	20
3.1 Анализ внутригодовой динамики загрязнения атмосферного воздуха ....	20
3.2 Анализ многолетних тенденций загрязнения атмосферного воздуха.....	25
3.2.1 Анализ числовых характеристик и интегральных кривых рядов концентраций загрязняющих веществ .....	25
3.2.2 Оценка тренда по коэффициенту корреляции и критерию Спирмена .....	29
3.2.3 Оценка однородности рядов концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе .....	30
3.2.4 Оценка рядов концентраций загрязняющих веществ на случайность .....	31
3.2.5 Прогноз ситуации по кривым обеспеченности .....	32

Глава 4. Картографический анализ загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	49
Приложение А.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом – одна из самых актуальных в настоящее время, во многих городах России и мире в целом большая доля выбросов в атмосферу приходится именно на автотранспорт. Экологические стандарты (Евро) в российское законодательство начали вводить в конце 20 века, каждый из них значительно понижал допустимые значения выбросов вредных веществ в выхлопных газах, а требования к эксплуатации транспортных средств становились строже. В результате этих изменений, в последние годы ведущие автоконцерны вкладывали в переоборудование двигателей и выхлопных систем десятки и сотни миллионов долларов, снижая выбросы и приводя их значения к нормам последних Евро стандартов. Нефтяные компании по всему миру инвестировали средства в модернизацию нефтеперерабатывающих заводов, улучшая качество переработки сырья и топлива, получаемого в результате этого. Таким образом, данная проблема касается не только здоровья населения и качества окружающей среды, но также интегрирована в мировые финансовые потоки.

*Целью работы* стал анализ влияния выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта на загрязнение атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

1. Сделать анализ принципов организации мониторинга атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.
2. Исследовать особенности формирования загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.
3. Провести анализ внутригодовых и многолетних трендов загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга выбросами автотранспорта.
4. Анализ закономерностей пространственного распределения загрязняющих веществ в условиях г. Санкт-Петербурга.

В качестве *исходных данных* в работе были обработаны ежедневные концентрации таких компонентов выбросов автотранспорта, как CO, NO, NO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> на 25 постах в г. Санкт-Петербурге за 2018, 2020 и 2021 гг.

Для проведения исследований в работе использовались такие *методы*, как статистический и картографический анализ, а также анализ литературных источников по данной тематике.

*Актуальность* данной темы обусловлена тем, что темп автомобилизации населения г. Санкт-Петербурга растет с каждым годом, а вместе с этим увеличивается количество выбросов в атмосферный воздух от автотранспорта, что в последствие отрицательно влияет на качество городской среды и здоровье населения в целом.

*Научная новизна* данной работы заключается в следующем:

— С привлечением статистических методов проведён комплексный анализ загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга выбросами автомобильного транспорта в современный период.

— Впервые выполнен картографический анализ загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга путем создания интерполированных карт в программе QGIS.

— Выявлено влияния локдаунов в 2020г. на уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.

*Личный вклад* автора заключается в сборе, статистической обработке и анализе данных по концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города. Так же автор лично составил сезонные карты загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге.

Результаты работы были представлены на конференции студенческого научного общества экологического факультета РГГМУ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Санкт-Петербург – крупнейший город мира, расположенный на 60-й параллели северного полушария. Здесь проживают более пяти миллионов человек и численность автомобильного транспорта постоянно увеличивается. Санкт-Петербург относится к числу городов, где выбросы автотранспорта преобладают над выбросами от стационарных источников загрязнения. Данная проблема касается не только здоровья населения и качества окружающей среды, но также интегрирована в российские и мировые финансовые потоки.

Климатические условия Санкт-Петербурга, влияющие на уровень загрязнения атмосферного воздуха, более благоприятны, чем в среднем по городам России. Так, сильные ветры, преимущественно западных и юго-западных направлений, приносят относительно чистые воздушные массы с Финского залива. Концентрации загрязняющих веществ в Кронштадском районе самые низкие по городу. Высокая влажность и частые жидкие осадки способствуют очищению атмосферного воздуха от взвешенных загрязняющих частиц.

Анализ многолетних данных показал, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге имеет тенденцию слабого снижения или сохранения уровня прошлых лет. Однако концентрации большинства загрязняющих веществ значительно превышают ПДК.

Санкт-Петербург относится к числу городов, где выбросы автотранспорта преобладают над выбросами от стационарных источников загрязнения.

В Петербурге существует автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха, которая является проектом Комитета по природопользованию. В состав этой системы входит 25 станций, расположенных во всех 18 районах города. Кроме того, за мониторинг атмосферного воздуха отвечает 9 стационарных постов наблюдения, которые принадлежат ФГБУ "Северо-Западное УГМС". В Санкт-Петербурге реализуется ряд проектов по снижению загрязнения атмосферного воздуха транспортом. Согласно программе «Качество окружающей среды» идёт поэтапный переход общественно-городского транспорта на природный газ.

Анализ исследований по данной теме показал, что процесс формирования загрязнения воздуха северного мегаполиса сложный и неоднозначный. Так, на

концентрацию загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта, влияет ряд обстоятельств:

1. Техническое состояния автомобильного транспорта. Любое нарушение работы автомобильного транспорта может увеличить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

2. Температура окружающей среды. Из-за нестабильной работы катализаторов в жаркую ( $t > 20^{\circ}\text{C}$ ) и холодную ( $t < 5^{\circ}\text{C}$ ) погоду выбросы в данные периоды максимальны. Оптимальной температурой, с наименьшими выбросами от автомобильного транспорта, является  $t = 5-20^{\circ}\text{C}$ , что соответствует периоду с апреля по июнь.

3. Качество используемого топлива.

4. Скорость движения автотранспорта. Наибольшие выбросы диоксида азота происходят при стабильно высоких скоростях, что приводит к формированию высокого уровня загрязнения на скоростных магистралях, как, например, в Кировском районе. Выбросы оксида углерода так же снижаются со снижением скорости, однако при постоянной скорости менее 15 км/ч выброс наибольший. Подобная ситуация часто наблюдается в Центральном и Невском районах города.

Как можно видеть, развитие УДС могло бы решить ряд проблем высоких выбросов от автотранспорта, однако в современной ситуации Санкт-Петербург не удовлетворяет всем потребностям города в сфере ее развития.

Для анализа внутригодовых и многолетних трендов загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга выбросами автотранспорта в работе проведена статистическая обработка данных. Анализ графиков внутригодовой динамики показал, что минимальные объем  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$  поступает в атмосферный воздух в период с апреля по июнь, а максимальный в осенний период и последние месяцы зимы. Эта особенность объясняется температурным режимом региона, описанным выше.

Кроме того, было выявлено влияние локдаунов на количество выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Так, если в 2018 г. с марта по апрель наблюдалось повышение объемов выбросов, то в 2020 г., во время всеобщей самоизоляции, хорошо заметно снижение концентрации. Однако во время локдауна, когда количество движущегося автотранспорта значительно снизилось, не произошло столь значительного снижения концентраций загрязняющих веществ, как ожидалось. Как было сказано выше, процесс формирования

загрязнения от транспорта имеет сложный характер и может определяться целым рядом факторов.

Оценка числовых характеристик рядов наблюдений показала, что концентрации оксида углерода наиболее стабильны во времени, диапазон их колебаний невысок. Как было сказано, выбросы СО определяются наличием заторов на дорогах, которые для центральных районов города носят постоянный характер. Концентрации диоксида азота напротив, подвержены значительным колебаниям, т.к. зачастую на выбросы влияют погодные и дорожные условия. Так же было выявлено, что коэффициент асимметрии во всех рядах положителен, что говорит о том, что чаще встречаются значения концентраций, ниже математического ожидания и наблюдаются редкие выбросы – максимальные значения концентраций.

Во всех трёх исследуемых районах города (Невский, Кировский, Центральный) оценка тренда по коэффициенту корреляции показала статистически значимое снижение концентрации диоксида азота и оксида углерода за период с 2018 по 2021 гг. Оценка тренда по критерию Спирмена показала, что все ряды стационарны, статистически значимый тренд на повышение или понижение не обнаружен.

Статистический анализ ежедневных концентраций за 2020 и 2021 гг. показал, что ряды, как правило, неоднородны по среднему значению и дисперсии. По большинству критериев (по длине и числу серий, по числу повышений и понижений, по числу экстремумов) являются случайными. Построение кривых обеспеченности показало, что ряды концентраций хорошо описываются законами распределения Пирсона III типа и Джонсона.

Анализ кривых обеспеченности дал возможность сделать прогноз редких высоких концентраций загрязняющих веществ для районов города. Так, для ряда СО Центрального района согласно закону распределения Пирсона III типа концентрации 0.1 % обеспеченности (то есть ожидаются примерно раз в 80 лет) достигают значений  $1.5 \text{ мг/м}^3$ , что почти в два раза превышает максимальные наблюдаемые концентрации.

Для пространственного анализа, в программе QGIS, были построены 30 карт, которые описывают распределение концентраций загрязняющего вещества за определенный период времени.

Анализ карт показал, что самыми загрязненными районами Санкт-Петербурга являются:



- По СО – Невский и Центральный район, где характерны пробки автотранспорта.
- По NO – Центральный, Невский и Адмиралтейский район.
- По NO<sub>2</sub> – Кировский, Невский и Красногвардейский район.
- По SO<sub>2</sub> – Кировский, Колпинский и Невский район.

#### Рекомендации

Анализ среднемесячных концентраций загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге показал, что введение новых экологических норм и использование современных выхлопных систем, оборудованных каталитическими нейтрализаторами и сажевыми фильтрами, позволит уменьшить выбросы даже с учетом увеличения количества транспорта.

Помимо этого, для улучшения экологической обстановки в городе требуется усиленный контроль за техническим состоянием автотранспорта. Периодические проверки на соответствие выбросов отработанных газов в атмосферу и технический осмотр с использованием газоанализаторов, позволил бы определять транспорт с удаленными или неисправными катализаторами и сажевыми фильтрами.

По причине постоянно растущего количества транспорта в городе увеличивается и количество дорожных заторов. Решением проблемы может стать строительство дорожных развязок в особо нагруженных районах, а также создание альтернативной кольцевой дороги вокруг города, взяв за пример дорожную сеть Москвы.

Из-за высокого влияния скорости автомобиля на количество выбрасываемых отходов, стоит расширить систему контроля превышений скорости на дорогах. Правильно подобранные ограничения помогут увеличить эффективность транспортного потока и уменьшить количество выбрасываемых загрязняющих веществ, а помимо этого повысит безопасность движения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Архив погоды в Санкт-Петербурге. — Текст: электронный // World-Weather: [сайт]. — URL: [https://world-weather.ru/archive/russia/saint\\_petersburg/](https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/) (дата обращения: 25.02.2022).
2. Выборнова, Ю. Д. Исследование методов пространственной интерполяции в задаче восстановления частично определенных изображений / Ю. Д. Выборнова. — Текст: непосредственный // Сборник трудов IV международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018). — Самара: Новая техника, 2018. — С. 683-690.
3. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ стационарными и передвижными источниками. — Текст: электронный // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 25.05.2022).
4. Высоцкий, С. П. Влияние автомобильного транспорта на состояние окружающей среды / С. П. Высоцкий. — Текст: непосредственный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы V международной научно-практической конференции. — Горловка: Автомобильно-дорожный институт «Донецкого национального технического университета», 2019. — С. 148-155 .
5. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году [Электронный ресурс] // Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с. URL: <https://tinyurl.com/2272nf5u> (дата обращения: 10.11.2021).
6. Домбалин, А. В. Влияние скоростного режима на количество выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта / А. В. Домбалин, Е. Е. Шаталова. — Текст: непосредственный // Международная конференция "Технологии транспортных процессов на Дону 2016". — Новочеркасск: ООО «Лик», 2016. — С. 86-89.
7. Закон Санкт-Петербурга от 17 июня 2015 года № 396–75 «О стратегическом планировании в Санкт-Петербурге».
8. Закон Санкт-Петербурга от 19 декабря 2018 года № 771–164 «О

Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года».

9. Каледа, В. Н. Влияние технического состояния автомобиля на снижение выбросов токсических компонентов отработавших газов / В. Н. Каледа, А. И. Звижинский, И. А. Каледа. — Текст: непосредственный // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. Сборник статей XII Международной научно-практической конференции. — Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. — С. 60-65.

10. Население, Демография. — Текст: электронный // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 25.02.2022).

11. О технических требованиях к качеству моторных топлив для автомобильной техники / В. В. Соколов, Д. В. Извеков, Б. М. Бунаков, Ю. В. Шюте. — Текст: непосредственный // Труды НАМИ. — 2018. — № 244. — С. 123-135.

12. Отчет о ходе исполнения в 2020 году Плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года [Электронный ресурс] // Комитет по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга, 2021 – 357с. URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021.pdf> (дата обращения: 10.11.2021).

13. Пепина, Л. А. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом / Л. А. Пепина, А. Н. Созонтова. — Текст: непосредственный // Alfabuild. — 2017. — № 1 (1). — С. 99-110.

14. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 22 октября 2019 года № 740 «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года».

15. Постановление правительства Санкт-Петербурга от 27 сентября 2019 года N 691 "О государственной информационной системе Санкт-Петербурга "Дорожная уличная сеть"

16. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». - СПб: изд. РГГМУ. 2007. - 279 с.

17. Система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга // Окружающая среда Санкт-Петербурга URL: <http://ecopeterburg.ru/2017/03/02/система-мониторинга..> (дата обращения: 16.11.21).
18. Соломахина, Л. Я. Климатические особенности Санкт-Петербурга при оценке содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе / Л. Я. Соломахина, К. И. Лазуренко, М. С. Соломахин. — Текст: непосредственный // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 4(51). — С. 257. (климат)
19. Тарасов В.В. Мониторинг атмосферного воздуха [Текст]: учеб. пособие / В.В. Тарасов, И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина. – М.: Форум, 2008. – 128 с.
20. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга // Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 15.11.21).
21. Храмцов, В. Н. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга / В. Н. Храмцов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Марафон, 2016. — 175 с.
22. Экологический мониторинг: учебное пособие / Е.П. Лысова, О.Н. Парамонова, Н.С. Самарская, Н.В. Юдина. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 151 с.
23. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг [Текст]: учеб. пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. — 188 с.
24. Ясовеев, М. Г. Экология урбанизированных территорий: учебное пособие / М.Г. Ясовеев, Н.Л. Стреха, Д.А. Пацыкайлик; под ред. проф. М.Г. Ясовеева. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 293 с.