



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
(бакалаврская работа)

На тему Анализ и прогноз загрязнения воздуха Санкт-Петербурга
выбросами автомобильного транспорта

Исполнитель Хлебко Виктория Игоревна

Руководитель кандидат географических наук
Колесникова Евгения Владимировна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

кандидат географических наук, доцент

Алексеев Денис Константинович

«05» 06 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Особенности формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге	7
1.1 Физико-географическая характеристика региона (Кронштадтский, Московский и Центральный районы)	7
1.2 Климатическая характеристика региона	9
1.3 Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге	10
1.4 Экологический мониторинг атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге	13
Глава 2. Особенности влияния автотранспорта на уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге	15
2.1 Проблема оценки воздействия автотранспорта на атмосферный воздух .	15
2.2 Определение загруженности автомобильным транспортом главных дорог города.....	16
Глава 3. Статистический анализ динамики и тенденций загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом в условиях города Санкт-Петербурга.....	18
3.1 Анализ внутригодовой динамики загрязнения атмосферного воздуха.....	18
3.2 Анализ многолетних тенденций загрязнения атмосферного воздуха	31
3.3 Прогноз изменения концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга за 5 лет.....	32
Глава 4. Анализ методических подходов к оценке качества воздуха в России и за рубежом	39
4.1 Индекс загрязнения атмосферы (Россия)	39
4.2 Environment Protection Authority (Австралия)	40
4.3 Air Quality Index – AQI (США).....	43
4.4 Индекс загрязнения атмосферы АТМО (Франция).....	46
4.5 Сопоставление результатов расчётов по различным методикам.....	50
Заключение	53
Список литературы	57

Приложение А	61
Приложение Б	63
Приложение В.....	64
Приложение Г	65
Приложение Д.....	66
Приложение Е.....	70
Приложение Ж.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Климатические ресурсы, атмосферный воздух, в том числе озоновый слой, землю и её недра и почвы, поверхностные и подземные воды, флору и фауну, типичные и редкие ландшафты, а также иные сферы Федеральный закон «Об охране окружающей среды» признаёт объектами правовой охраны. Проблема загрязнения окружающей среды, в частности, атмосферного воздуха становится всё более актуальной. Путём решения данной задачи является разработка и совершенствование системы экологического мониторинга. Информация такого рода нужна в повседневной жизни людей, при ведении сельского хозяйства, развития инфраструктуры, а также для обнаружения опасных природных явлений и экстренного информирования населения. Однако изменение характера окружающей среды происходит в том числе под влиянием биосферных процессов, связанных с деятельностью человека. Важной и сложной задачей является определение вклада антропогенных источников в эти изменения [1].

Сегодня одной из важнейших проблем городов является то, что автомобильный транспорт, будучи элементом функционирования города, является источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Увеличению концентрации вредных веществ способствует рост количества автомобилей. Автотранспорт загрязняет атмосферный воздух выхлопными газами, в которых содержатся различные токсичные вещества. Эти вещества накапливаются в организме человека и нарушают его работу[2].

Цель работы заключается в выявлении роли выбросов от автомобильного транспорта в загрязнении атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.

Для достижения цели в работе решались *задачи*:

1. Собрать и проанализировать данные по концентрациям загрязняющих веществ, характеризующих выбросы от автотранспорта в Санкт-Петербурге за современный период;

2. Провести оценку качества воздуха по российским и зарубежным методикам. Оценить влияние методов оценки качества атмосферного воздуха на результат;
3. Выявить основные тенденции загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге автомобильным транспортом, дать прогноз развития ситуации.

В качестве *исходных данных* использованы ряды наблюдений за среднесуточными концентрациями в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга соединений, характеризующих выбросы автотранспорта: диоксид серы, диоксид азота, озон, а также твёрдых частиц (SO₂, NO₂, O₃, PM_{2,5}, PM₁₀).

Для характеристики ситуации на территории города были выбраны следующие репрезентативные точки наблюдения: Кронштадтский, Центральный и Московский районы Санкт-Петербурга.

Станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха находятся по адресам:

- Город Кронштадт, улица Ильмянинова, дом 4;
- Улица Шпалерная, дом 56;
- Улица Севастьянова, дом 11.

Выбор объясняется тем, что Кронштадт находится на значительном удалении от делового и промышленного центра города Санкт-Петербурга и хорошо продувается со всех сторон ветрами с Финского залива. В Центральном районе ежедневно наблюдается сложная транспортная обстановка. А Московский район является развитым промышленным районом города.

Актуальность работы связана с оценкой качества воздуха в городе с населением более 5600000 человек. Проведены исследования ситуации, сложившейся в настоящее время, за периоды с апреля 2022 года по март 2023. Известно, что выбросы от автотранспорта носят определяющий характер в формировании качества воздуха в больших городах. Важной задачей сейчас выступает разработка интегральных показателей качества воздуха по приоритетным загрязняющим веществам, чему посвящена часть исследований.

Новизна работы связана с тем, что впервые проводится детальная оценка загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге за современный период. Впервые за период с апреля 2022 года по март 2023 года исследуются тенденции в динамике изменения качества воздуха. Проведён анализ влияния метеорологических характеристик на качество воздуха. Впервые разработан прогноз и составлены карты загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота в Санкт-Петербурге в 2028 году.

Практическая значимость работы заключается в оценке существующей системы мониторинга и методов обобщения и анализа информации о качестве воздуха. Кроме того, исследования связаны с составлением пространственно-временного прогноза качества воздуха в Санкт-Петербурге.

Методы, используемые в работе связаны с обработкой и анализом данных о загрязнении атмосферного воздуха. Исследования проведены расчётными, статистическими и графическими методами.

Личный вклад автора заключается в сборе и обработке первичной информации, анализе концентраций загрязняющих веществ в трёх районах Санкт-Петербурга за 2018 год и за период 2022-2023 гг. В общей сложности было обработано около 200000 значений. Самостоятельно изучены и проанализированы иностранные методики интегральной оценки качества атмосферного воздуха на языке оригинала. Самостоятельно составлены карты по оценке состояния атмосферного воздуха, а также карты для прогноза развития ситуации.

Апробация результатов: результаты работы были представлены на итоговой конференции Студенческого научного общества Экологического факультета Российского государственного гидрометеорологического университета (устный доклад).

Глава 1. Особенности формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

1.1 Физико-географическая характеристика региона (Кронштадтский, Московский и Центральный районы)

Санкт-Петербург расположен на северо-западе Российской Федерации, на территории Приневской низменности (Рисунок 1). Координаты центра: $59^{\circ}57'$ с.ш. $30^{\circ}19'$ в.д. Занимая территорию островов Невской дельты, на берегу Финского залива город протянулся с северо-запада на юго-восток на 90 км. Высота города над уровнем моря по районам: центр - 1-5 м, север- 5-30 метров, юг и юго-запад-5-22 м. Самая высокая точка города находится в районе Красного села – Дудергофские высоты (176 м) [3]. В таблице 1 представлена сравнительная характеристика выбранных районов. На рисунках А1, А2, А3 (Приложение А) приведены карты исследуемых районов[4][5][6].

1.2 Климатическая характеристика региона

Умеренный, переходный от умеренно континентального к умеренно морскому климат обусловлен атмосферной циркуляцией воздушных масс и географическому положению территории. Ветра преобладают восточные и юго-восточные, что благоприятно сказывается на рассеянии загрязняющих веществ. Из рисунка Б2 видно, что наибольшая среднемесячная скорость ветра в Санкт-Петербурге наблюдается в декабре, наименьшая – в июле [3][7].

Самая высокая температура, отмеченная в Санкт-Петербурге за весь период наблюдений: +37,1 °С, а самая низкая: –35,9 °С [7].

Климат в Кронштадте умеренный и влажный, переходный от морского до континентального. Направление ветров летом западное и северо-западное, зимой – западное и юго-западное. Скорость ветра несколько сильнее, чем в Санкт-Петербурге. Климат Кронштадта похож на климат Санкт-Петербурга. Несмотря на небольшую глубину Финский залив влияет на температурный режим в городе. Средняя температура воздуха летом немного ниже, чем в Санкт-Петербурге (на 0,5 – 0,8°), зимой – выше (на 0,5 – 0,6°) [8][9][10][11].

Динамика климатических характеристик приведена в таблице Б1 (Приложение Б). Из таблицы видно, что в последние годы наблюдается увеличение числа дней осадков, что, как правило, способствует очищению атмосферы от загрязняющих веществ. С другой стороны, увеличивается повторяемость приземных и приподнятых инверсий, что, как известно, способствует накоплению загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы. Остальные характеристики, приведённые в таблице, за многолетний период не менялись.

Глава 4. Анализ методических подходов к оценке качества воздуха в России и за рубежом

4.1 Индекс загрязнения атмосферы (Россия)

В России для характеристики качества воздуха используется Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций нескольких загрязняющих веществ (формула 1) и характеризует уровень хронического загрязнения воздуха[24].

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) K_i, \quad (1)$$

где C_i – содержание вещества;

ПДК_i – предельно допустимая среднесуточная концентрация i -го вещества;

K_i – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества.

Таблица 8 – Индексы загрязнения атмосферы в Кронштадтском, Центральном и Московском районах Санкт-Петербурга

Район	Значение ИЗА	Уровень загрязнения воздуха
Кронштадтский	0,29	Низкий
Центральный	0,39	Низкий
Московский	0,62	Низкий

Вывод: Наибольший уровень загрязнения наблюдается в Московском районе, наименьший – в Кронштадтском

Список литературы

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/(дата обращения: 12.12.2022)
2. Пепина Л. А., Созонтова А. Н., Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом // Alfabuild. 2017. №1 (1). С. 99-110
3. Книга рекордов Петербурга: Все самое-самое в истории и жизни города / Ред.-сост. Д. Шерих. - 1-е изд. - СПб. : Иванов и Лещенский, 1995. – 233 с.
4. Экологическая обстановка в Кронштадтском районе Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]// Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <https://www.infoeco.ru/assets/files/godeco/kronshtadtsky.pdf> (дата обращения: 15.03.2023)
5. Экологическая обстановка в Центральном районе Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]// Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <https://www.infoeco.ru/assets/files/godeco/tsentralny.pdf> (дата обращения: 15.03.2023)

6. Экологическая обстановка в Московском районе Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]// Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <https://www.infoeco.ru/assets/files/godeco/moskovsky.pdf> (дата обращения: 15.03.2023)
7. Даринский Анатолий Викторович. География Ленинграда / А. В. Даринский. - Л. :Лениздат, 1982. - 190 с
8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2021 году [Электронный ресурс] // Экологический портал Санкт-Петербурга URL:https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2022/06/27/05/Доклад_2022_собранный.pdf(дата обращения: 15.03.2023)
9. Архив погоды в Санкт-Петербурге (Россия) [Электронный ресурс] // WorldWeather. URL: https://world-weather.ru/archive/russia/saint_petersburg/ (дата обращения: 25.03.2023)
10. Единый государственный фонд данных [Электронный ресурс] // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологический информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД). URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 16.04.2023)
11. Погода в Санкт-Петербурге по месяцам [Электронный ресурс] // Погода для туристов. URL:https://pogoda.turtella.ru/russia/st_petersburg/monthly (дата обращения: 16.04.2023)
12. Посты наблюдений загрязнения атмосферного воздуха [Электронный ресурс] // Электронная библиотека URL: <https://libraryno.ru/13-1-3-posty-nablyudeniyy-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha-monitoring/>(дата обращения: 23.11.2022)
13. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 23.11.2022)

14. Сорокин Н. Д. Выбросы автотранспорта и качество атмосферного воздуха в городах // Экология производства. 2020
15. Яндекс – карты [Электронный ресурс] // Яндекс. URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg/probki/?ll=30.234238%2C59.995572&trfm=arc&trfst=time%3A20%2C17~date%3A1682011040000&z=13.25> (дата обращения: 16.04.2023)
16. Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] // Администрация Санкт-Петербурга URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/11/29/13/КСОДД_Санкт-Петербурга.pdf (дата обращения: 17.03.2023)
17. Экологическая политика [Электронный ресурс] // Экологический портал Санкт-Петербурга URL: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=22#2.1> (дата обращения: 17.03.2023)
18. Пробки в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] // Probki – SPb. URL: <https://probki-spb.ru/> (дата обращения: 15.04.2023)
19. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.
20. Орлов А. И. Система моделей и методов проверки однородности двух независимых выборок [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ, №157 (03). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-modeley-i-metodov-proverki-odnorodnosti-dvuh-nezavisimyh-vyborok/viewer> (дата обращения: 18.04.2023)
21. U-критерий Манна-Уитни [Электронный ресурс] // Медицинская статистика. URL: <https://medstatistic.ru/methods/methods2.html> (дата обращения: 18.04.2023)
22. Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Boehner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geosci. ModelDev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015. [Электронный ресурс] // URL:

- <http://www.geosci-model-dev.net/8/1991/2015/gmd-8-1991-2015.html> (дата обращения: 20.05.2023)
23. Lee, S., Wolberg, G., Shin, S.Y. (1997): Scattered Data Interpolation with Multilevel B-Splines. IEEE Transactions On Visualisation And Computer Graphics, Vol.3, No.3., p.228-244.
24. РД 52.04.667-2005 Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения [Электронный ресурс] // Гост Ассистент URL: Руководящий документ РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования (gostassistant.ru) (дата обращения: 23.11.2022)
25. Темеров Т.В., Голубничий А.А. Комплексные показатели качества (загрязнения) атмосферного воздуха // Гуманитарные научные исследования. 2016. № 8 [Электронный ресурс]. URL: <https://human.snauka.ru/2016/08/16158> (дата обращения: 06.04.2023)
26. Understanding air quality data [Электронный ресурс] // NSW Government. URL: <https://www.dpie.nsw.gov.au/air-quality/understanding-air-quality-data> (дата обращения: 06.04.2023)
27. AirBasics [Электронный ресурс] // AirNow. URL: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/> (дата обращения: 06.04.2023)
28. Arrêté du 10 juillet 2020 relatif à l'indice de la qualité de l'air ambiant [Электронный ресурс] // République Française. Légifrance le service public de la diffusion du droit. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFARTI000042164844> (дата обращения: 06.04.2023)

