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 качества атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга»

Исполнитель **Растегаева Екатерина Дмитриевна**

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«06» 06 2022 г.

Санкт–Петербург

2022 г.

Содержание

Введение.....3
1 Охрана атмосферного воздуха в градостроительстве……6
1.1 Проблема загрязнения воздуха в больших городах……..…..6
1.2 Нормативно правовые акты, регулирующие охрану атмосферного воздуха……..…12
1.2.1 Нормативы качества атмосферного воздуха……..13
1.2.2 Предельно допустимые концентрации……...15
2 Характеристика районов исследования……..17
2.1 Иследуемые районы в планировочной структуре Санкт-Петербурга……..17
2.2 Природно-экологические условия…….....20
2.2.1 Климатические условия…….……..20
2.2.2 Зеленые насаждения…….…….....21
3 Материалы и методы иследования…….……25
3.1 Расчет ИЗА в Петроградском районе……..30
3.2 Повторяемость превышения допустимой концентрации……..32
3.3 Расчет показателя AQI Петроградского района…….32
4 Характеристика качества атмосферного воздуха……..…….…..33
4.1 Анализ концентрации веществ…….……....33
4.2 Анализ расчета индекса загрязнения атмосферы…….…..43
4.3 Анализ индекса качества воздуха (AQI)……..…45
Заключение и основные выводы…….……...50
Список использованной литературы…….51
Приложение……55

Введение

С развитием цивилизации антропогенное влияние на природу становится гораздо сильнее и к концу XX века достигло планетарного характера. Хозяйственная деятельность человека во многих случаях оказывает негативное влияние на самого человека и на находящуюся вокруг него природу. Недостаточное внимание, уделяемое планированию и выполнению мероприятий, нацеленных на защиту воздушной среды, считается одной из важнейших причин возрастающего загрязнения атмосферного воздуха.

Под загрязнением атмосферного воздуха подразумевается выброс в воздух загрязняющих веществ, которые наносят ущерб здоровью человека и животных, состояние растений и экосистем. Актуальность данной темы исследования состоит в том, что на сегодняшний день антропогенное загрязнение атмосферного воздуха приобрело большой масштаб. Наиболее масштабным и важным считается химическое загрязнение среды нехарактерными ей веществами химической природы, в которые входят газообразные и аэрозольные загрязнители промышленно-бытового происхождения.

Но вовремя ограничений, которые были связаны с распространением новой короновирусной инфекции (Covid-19) и которые начались с начала апреля и длились до середины мая 2020 года на территории России, произошло внезапное снижение экономической активности, снизилось использование энергии, изменилось транспортное сообщения. Вынужденная изоляция привела к улучшению качества воздуха. Произошло снижение выбросов вредных веществ, в том числе диоксида азота (NO_2) и угарного газа (CO) от промышленности и автотранспорта. Значительно сократились выбросы углекислого газа (CO_2), из-за уменьшения количества

авиаперелётов и спада производства. Поскольку именно CO_2 ускоряет изменения климата, последствия которого могут быть опаснее, чем короновирусная инфекция. Поэтому нужно предпринимать шаги, чтобы уменьшение парниковых газов было осознанным, а не вынужденным. Ситуация с ограничениями из-за распространения новой инфекции показала, что многие люди могут изменить своё поведение, многие компании – стратегии и правила, а правительства – законы. Человечество показало, что оно способно незамедлительно принимать меры против вируса, так значит оно может и своевременно реагировать на изменения климата, влияние которого могут становиться масштабнее Covid-19. И во время карантина у многих нашлось время переосмыслить свои ценности и отношения с природой.

Целью данной работы является анализ межгодовой изменчивости качества атмосферного воздуха по данным автоматических станций мониторинга.

Для достижения поставленной цели выстраивается ряд задач, а именно:

1) Проанализировать физико-географическую характеристику района исследования.
2) Оценить динамику загрязнения атмосферного воздуха по литературным источникам.
3) Выявить основные источники загрязнения атмосферного воздуха в городе Санкт-Петербурге.
4) Оценить качество атмосферного воздуха на основе стандартных индексов и международных методик.

Объектом исследования являются значения концентраций загрязняющих веществ на двух автоматических станциях экологического мониторинга воздуха, размещенных в Санкт-Петербурге.

Предметом исследования являются данные с автоматических станций мониторинга по загрязнению воздуха за весенний (март, апрель, май) период 2019 и 2020 годов, полученные с двух станций.

В соответствии с поставленными задачами находится и структура дипломной работы. Весь материал изложен в четырёх основных главах.

1 Охрана атмосферного воздуха в градостроительстве

1.1 Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городах

Воздушная среда сильно подвержена масштабом выбросов загрязняющих веществ от непередвижных и передвижных источников. Большие города с развитой промышленностью и огромным количеством автотранспорта наиболее подвержены проблеме загрязнения атмосферного воздуха. Стоит учесть и тот факт, что передвижные источники включают в себя не только транспортные средства, но и речные суда. Данный факт имеет отношение к городам, где хорошо разработана речная сеть или же имеется выход к морю, к ним же относится и Северная столица России – Санкт-Петербург, являющийся вторым большим городом по численности населения, а также по производственному потенциалу.

Из всех имеющихся источников неблагоприятного воздействия на характеристику окружающей среды, первостепенную значимость занимает автотранспорт. Чтобы защитить состояние здоровья человека от негативного воздействия автотранспорта, на основании действующего Генерального плана Санкт-Петербурга учитывается комплекс планировочных и разработанных мер:

- улучшение транспортнопланировочной системы и улично-дорожной сети;
- определение структурных элементов пылегазозащитных зеленых насаждений;
- ограничение въезда машин в исторические части города;
- техническое перевооружение автотранспортных средств с обеспечением выхода на уровень стандартов ЕВРО-4 и ЕВРО-5;

- более массовое применение природного газа в качестве горючего [1, 2].

В 2020 г. в сравнении с 2019 г. общее число автотранспортных средств выросло на 1,4% (на 28762 единицы), из этого процента количество легковых автомобилей составляет 26901 штук, грузовых – 1971 единицы, а число автобусов уменьшилось на 110 единиц [4].

Согласно распоряжению Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) от 01.11.2013 № 6-р исполнение работ по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от отдельных видов передвижных источников поручено федеральному бюджетному учреждению «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу» (ФБУ «ЦЛАТИ по ЦФО»).

При оценке используются следующие исходные данные:

- количество легковых, грузовых автомобилей и автобусов, зарегистрированных в территориальном органе ГИБДД региона (города) Российской Федерации по состоянию на 01 января, следующего за отчетным;

- распределение транспортных средств по евро-классам;

- усредненные удельные выбросы загрязняющих веществ на 1 км пробега;

- показатель среднегодового пробега АТС.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от АТС города Санкт-Петербурга по официальным данным Росприроднадзора за 2019 год составляют 134 тыс.т, в том числе: сажи – 0,6 тыс.т, диоксида серы (SO_2) – 1,15 тыс.т, оксида углерода (CO) – 106,7 тыс.т, оксидов азота (NO_x) – 17,3 тыс.т, метана (CH_4) – 0,2 тыс.т, аммиака (NH_3) – 2,3 тыс.т, и летучих органических соединений (ЛОС) – 5,8 тыс.т [3].

В 2020 году общее число выбросов составило же 131,0 тыс.т, в том числе: сажи – 0,6 тыс.т, диоксида серы (SO_2) – 1,2 тыс.т, оксида углерода (CO) – 104,2 тыс.т, оксидов азота (NO_x) – 16,9 тыс.т, метана (CH_4) – 0,2 тыс.т, аммиака (NH_3) – 2,3 тыс.т и летучих органических соединений (ЛОС) – 5,6 тыс.т [4].

Таблица 1.1 – Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта по городу Санкт-Петербургу по официальным данным Росприроднадзора за 2019 и 2020 гг. в тыс.т.

Вещество	Год	
	2019	2020
Всего	134,0	131,0
Сажа	0,6	0,6
Диоксид серы (SO_2)	1,15	1,2
Оксид углерода (CO)	106,7	104,2
Оксид азота (NO_x)	17,3	16,9
Метан (CH_4)	0,2	0,2
Аммиак (NH_3)	2,3	2,3
Летучие органические соединения (ЛОС)	5,8	5,6

Оценивая имеющиеся данные о количестве выбросов от неподвижных источников, можно сделать вывод, что их число выросло незначительно. Данные представлены ниже:

- за 2019 год достигли цифры 66,9 тыс.т, включая сажу – 2,6 тыс.т, диоксида серы (SO2) – 2,0 тыс.т, оксида углерода (CO) – 28,8 тыс.т, оксиды азота (NOx) – 25,7 тыс.т, углеводороды без ЛОС (CHx) – 2,0 тыс.т, и летучие органические соединения (ЛОС) – 5,5 тыс.т [3].

- в 2020 году эти цифры достигли уже 67 тыс.т, в их число вошла сажа – 3,2 тыс.т, диоксид серы (SO_2) – 2,3 тыс.т, оксид углерода (CO) – 27,7 тыс.т,

оксид азота (NO_x) – 25,1 тыс.т, углеводороды без ЛОС (CH_x) – 1,9 тыс.т, и летучие органические соединения (ЛОС) – 6,6 тыс.т [4].

Таблица 1.2 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по городу Санкт-Петербургу за 2019 и 2020 гг. в тыс.т.

Вещество	Год	
	2019	2020
Всего	66,9	67,0
Сажа	2,6	3,2
Диоксид серы (SO_2)	2,0	2,3
Оксид углерода (CO)	28,8	27,7
Оксид азота (NO_x)	25,7	25,1
Углеводороды без ЛОС (CHx)	2,0	1,9
Летучие органические соединения (ЛОС)	5,5	6,6

В итоговый состав выбросов от двух видов источников за 2019 год вошло 200,9 тыс.т, такие как: сажа – 3,2 тыс.т, диоксид серы (SO_2) – 3,1 тыс.т, оксид углерода (CO) – 135,5 тыс.т, оксид азота (NO_x) – 43,0 тыс.т, углеводороды без ЛОС (CH_x) – 2,2 тыс.т, и летучие органические соединения (ЛОС) – 11,3 тыс.т [3].

В 2020 г они уменьшились до 198,0 тыс.т, в том числе: сажа – 3,6 тыс.т, диоксид серы (SO_2) – 3,5 тыс.т, оксид углерода (CO) – 131,9 тыс.т, оксид азота (NO_x) – 42,0 тыс.т, углеводороды без ЛОС (CH_x) – 2,1 тыс.т, и летучие органические соединения (ЛОС) – 12,2 тыс.т.

Таблица 1.3 – Общее количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников по городу Санкт-Петербургу за 2019 и 2020 гг. тыс.т.

Вещество	Год	
	2019	2020
Всего	200,9	198,0
Сажа	3,2	3,6
Диоксид серы (SO_2)	3,1	3,5
Оксид углерода (CO)	135,5	131,9
Оксид азота (NO_x)	43,0	42,0
Углеводороды без ЛОС (CHx)	2,2	2,1
Летучие органические соединения (ЛОС)	11,3	12,2

Рисунок 1.3 – Общее количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников за 2019 год.

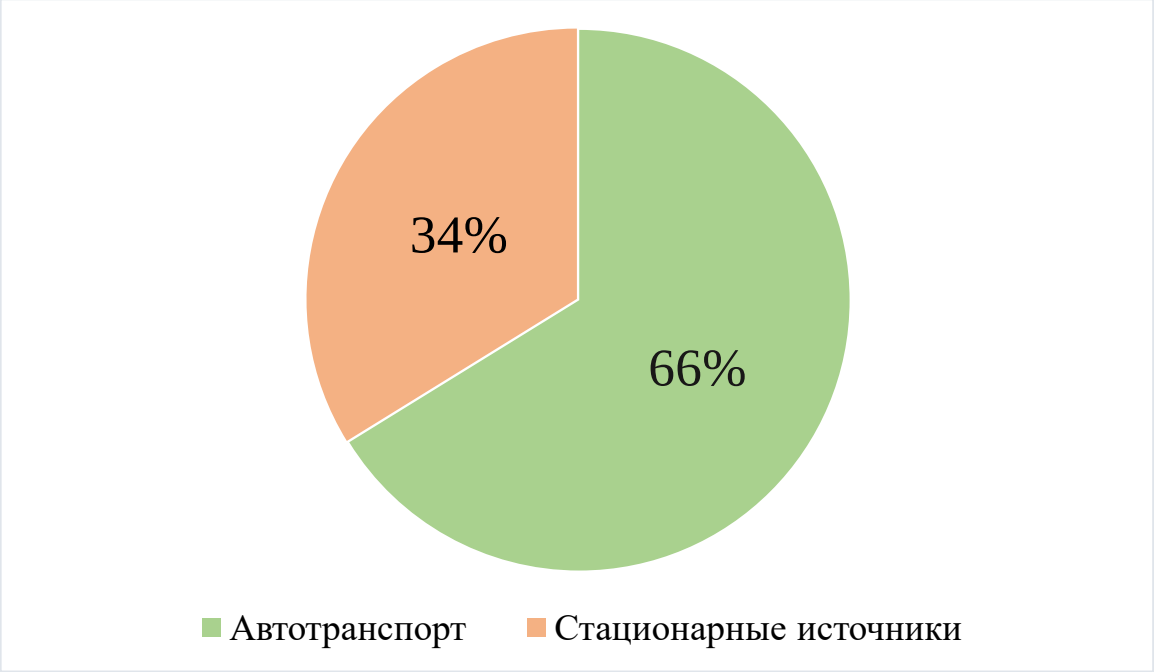

Рисунок 1.4 – Общее количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников за 2020 год.

Заключительный состав выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников в 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизились на 1,4%, CO — на 2,7%, NO_x — на 2,3%, CH_x — на 4,5%. Количество же выбросов SO_2 выросло на 12,9%, ЛОС — на 8%, сажи — на 12,5% [4].

Как уже говорилось ранее, автотранспортные средства занимают лидирующее место среди всех источников загрязнителей, вышеперечисленные цифры данный факт снова подтвердили: на 2020 год процент от автомобилей составил 66%.

1.2 Нормативные правовые акты, регулирующие охрану атмосферного воздуха

Основными законами, устанавливающими правовые основы охраны атмосферного воздуха, считаются:

- Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
- Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

На территории Российской Федерации на сегодняшний день действуют следующие нормативные документы по организации воздухоохранной деятельности:

- Постановление Правительства РФ от 02.03.2000 г. № 182 «О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ»;
- Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 г. № 2055 «О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух»;
- Постановление Правительства РФ от 21.04.2000 г. № 373 «Об утверждении положения о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух и их источников»;
- Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 г. № 2055 «О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на

атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух»;

- Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
- МУ 2.1.6.792-99 «Выбор базовых показателей для социально-гигиенического мониторинга (атмосферный воздух населенных мест)»;
- Постановление Правительства РФ от 05.06.2013 г. № 476 «О вопросах государственного контроля (надзора) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации»;
- Положение о Федеральной службе по надзору в сфере природопользования, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 30.07.2004 г. № 400;
- Положение о Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 29.05.2008 г. № 404.

1.2.1 Нормативы качества атмосферного воздуха

Реализация нормативов качества атмосферного воздуха становится главной целью воздухоохраной деятельности на протяжение многих лет.

Для оценки качества атмосферного воздуха применяются гигиенические и экологические нормативы, а также предельно допустимые нормы физических воздействий на него [п.1 ст.11 Федерального закона от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»].

Гигиенический норматив качества атмосферного воздуха – это критерий качества атмосферного воздуха, выражающий максимальное содержание загрязняющих веществ, которые предельно допустимы и

присутствие которых не оказывает пагубное воздействие на здоровье человека.

Экологический норматив качества атмосферного воздуха – это критерий качества атмосферного воздуха, выражающий максимальное содержание загрязняющих веществ, которые предельно допустимы и присутствие которых не оказывает пагубное воздействие на здоровье человека.

Предельно допустимый норматив вредного физического воздействия на атмосферный воздух – это норматив, установленный для таких источников воздействия на воздушную среду, как шумовые, вибрационные, электромагнитные и иные физические, присутствие которых не приводит к превышению предельно допустимых уровней физических воздействий.

В целях государственного контроля выбросов вредных веществ в атмосферный воздух устанавливаются следующие нормативы таких выбросов [п.1 ст.12 Федерального закона от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»]:

- технические нормативы выбросов;
- предельно допустимые выбросы.

Технический норматив выброса – это норматив выброса загрязняющего вещества в воздушную среду, определяющийся объемом или массой химического вещества либо же их смеси в расчете на единицу пробега транспортного средства или же на единицу работы, которую произвел передвижной источник [ст.12 Федерального закона от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»].

Предельно допустимый выброс - норматив выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, который определяется как объем или масса химического вещества либо смеси химических веществ, микроорганизмов,

иных веществ, как показатель активности радиоактивных веществ, допустимый для выброса в атмосферный воздух стационарным источником и (или) совокупностью стационарных источников, и при соблюдении которого обеспечивается выполнение требований в области охраны атмосферного воздуха.

1.2.2 Предельно допустимые концентрации

Согласно Санитарно-эпидемиологические правилам и нормативам СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий" основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений химических и биологических веществ, соблюдение которых обеспечивает отсутствие прямого или косвенного влияния на здоровье населения и условия его проживания.

В зонах, где живут люди, нормативы должны соответствовать 1,0 ПДК. В зонах, где происходит массовый отдых или где размещаются лечебнопрофилактические заведения, в которых долговременно находятся пациенты, нормативы должны соответствовать 0,8 ПДК.

Предотвращение появления запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций у населения, а также сильного влияния атмосферных загрязнений на здоровье в период кратковременных подъемов концентраций обеспечивается соблюдением максимальных разовых ПДК (ПДК м.р).

Дабы предотвратить негативный эффект на здоровье жителей городов, государство гарантирует соблюдение среднесуточных ПДК (ПДК с.с).

Во время проведения расчетной процедуры для веществ, которые обладают значения среднесуточных ПДК, используются ПДК с.с.

На основание гигиенических обязательств к поддержанию требуемых свойств воздушной среды при размещении, строительстве и реконструкции объектов хозяйственной и других видов деятельности, которые носят характер источников загрязнения, не допускается проектирование, строительство и полное функционирование объектов, на территории размещения которых выходят за рамки предусмотренные гигиенические нормативы.

2 Характеристика районов исследования

2.1 Исследуемые районы в планировочной структуре Санкт-Петербурга

В качестве исследуемой территории выбраны Петроградский и Курортный районы Санкт-Петербурга.

Петроградский район – один из исторических районов Санкт-Петербурга, который разместился на семи островах в северной и северо-западной части дельты реки Невы: Петроградском (бывшем Березовом или Городском острове), Петровском, Крестовском, Аптекарском, Заячьем, Каменном и Елагином острове. Территория Петроградского района составляет 19,5 км^2, на которой проживают 125 тысяч жителей.

Город на Неве основали в 1703 году, и в то же время образовался Петроградский район на Заячьем острове, где была заложена Петропавловская крепость, считается южной частью района. Но несмотря на этот факт, ключевым и самым большим островом района считается Петроградский. В тот отрезок времени положило своё начало и развитие промышленных предприятий, таких как Оружейная палата, Печатный Двор, Канатная фабрика. С годами объем заводов и фабрик только увеличивалось, но основной упор делался на лёгкую и машиностроительную промышленность. К Петроградскому острову с северной стороны прилегает Аптекарский, который получил своё название по заложенному там Петром I Аптекарскому огороду, который позже разместил в себе Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН и его Ботаническому саду. Начиная с 1900-х годов, Петроградский остров стал приобретать плотную застройку в виде жилых кварталов, но в западной и южной частях функционировали промышленные предприятия, большая часть которых в середине 1950-х

годов была извлечена из исторических районов района или же закрыта с продажей земли под жилую застройку, а части зданий под бизнес-центры.

Зоны, предназначенные для оздоровительной и досуговой деятельности, размещаются на трех островах: Елагин, Каменный и Крестовский. Пространство на Елагином острове предоставлено Центральному парку культуры и отдыха горожан. На Крестовском острове находится Приморский парк Победы, рядом с которым находится самый большой в городе стадион «Газпром Арена».

В общей сложности, Петроградский район граничит с Приморским, Выборгским, Василеостровским и Центральным районами и по установленной форме делится на шесть муниципальных округов: Введенский, Посадский, Петровский и Аптекарский остров, и, кроме этого, Кронверкское и Чкаловское муниципальное образование [6].

На всей рассматриваемой территории района имеется 12 аллей, 88 улиц, 14 проспектов, 28 переулков и 9 набережных, 33 территориальные дороги и 2 трассы федерального значения.

Функционирует 6 станций Петербургского метрополитена – Петроградская, Горьковская, Зенит, Крестовский остров, Чкаловская и Спортивная.

Все острова связываются между собой 15 мостами: Троицкий мост, Биржевой мост, Сампсониевский мост, Гренадерский мост, Кантемировский мост, Ушаковский мост, 1-й Елагин мост, 2-й Елагин мост, 3-й Елагин мост, мост через Елагинский фарватер, Яхтенный мост, Каменноостровский мост, Большой Крестовский мост, Лазаревский мост, Большой Петровский мост [7].

Предприятия, находящиеся на территории Петроградского района, вносят значительный вклад в развитие экономики не только Санкт-Петербурга, но и всей страны. Осуществляют свою деятельность 533 крупных предприятий, в состав которых входят и промышленные, их число

составляет около 40. В общем счете, на этих предприятиях трудится около 80 тысяч человек.

Промышленность Петроградского района представлена такими ведущими предприятиями как ОАО СФ «Алмаз», Санкт-Петербургский Монетный двор Гознака, ОАО «Ленполиграфмаш», ОАО «Концерн «Океанприбор», ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор», ОАО «Аккумуляторная компания «Ригель» и другие [8].

Курортный же считается пригородным районом Санкт-Петербурга, он протянулся на 45 км вдоль побережья Финского залива на Карельском перешейке. Район является самым крупным в административных границах Петербурга. В его составе – 11 муниципальных образований, в том числе два города (Сестрорецк и Зеленогорск) и девять поселков (Песочный, Белоостров, Комарово, Солнечное, Репино, Молодежное, Смолячково, Ушково). Численность населения порядка 75 тысяч человек, из которых больше половины проживают в Сестрорецке. Соседствует с Выборгским, Приозерским и Всеволожским районами Ленинградской области, а также с Приморским и Выборгским районами города Санкт-Петербург.

Не только залив является «изюминкой» района, он также изобилен просторными зелеными зонами и озерами, в состав которых входит Сестрорецкий Разлив, озера Щучье (в Комарово) и Дружинное (в Зеленогорске) [9].

На территории города Сестрорецк располагаются исторические районы Горская, Александровская, Тарховка, Разлив, Курорт и Дюны.

В городе находится: 10 линий, 87 улиц, 7 проездов, 31 переулок, 7 проспектов, 8 набережных и 4 шоссе [10].

И все-таки главными плюсами исследуемого района считаются его живописная природа, хвойные леса и пляжи. Наряду с этим в нем объединяется и доступность главных автомагистралей, и комфорт

современных зданий, и приоритетность жизни на берегу залива, вдали от пробок и активного темпа большого города [11].

2.2 Природно-экологические условия

2.2.1 Климатические условия

Для Санкт-Петербурга первостепенную роль в формировании климатической обстановки занимает географическое расположение территории. Петроградский район располагается в зоне умеренного климатического пояса, и вся территория обладает переходным типом климата: от океанического к континентальному с умеренно теплым летом и в меру холодной зимой. Частая смена морских и континентальных воздушных масс приводит к изменчивости погодных условий. Во время циклонального типа погоды происходит выпадение осадков, в зимний период часто возникают резкие потепления, а в летний период – похолодания. Во время антициклонального типа может произойти полное отсутствие осадков, зимний период характеризуется низкими температурами, а летом – высокими. Также иногда не исключение вторжение арктического воздуха, который приходит с севера и севера-востока и приносит с собой низкую абсолютную и относительную влажность, а также низкую температуру. Исходя из сведений розы ветров, город большей частью продувается ветрами юго-западных (24%) и западных (17%) направлений. На основании данного факта, более чистый воздух образуется чаще над западными и юго-западными частями города, чем над северными и восточными [12].

По климатическому районированию территории Российской Федерации город Санкт-Петербург относится к климатическому подрайону IIВ «умеренно-холодный» [13], который в общем и целом характеризуется

среднемесячной температурой воздуха в январе в интервале от минус 4 ºС до минус 14 ºС, в июле – от плюс 12 ºС до плюс 21 ºС [12].

Климат Курортного района, к которому относится Сестрорецк, умеренный морской, на его развитие оказывают действие морские воздушные массы Балтийского моря и Атлантического океана. Из-за этого на территории района мягкая зима с частыми оттепелями и в меру теплое лето. Циклонический тип погоды приводит к доминированию юго-западного и западного направлений ветра, которые дают в зимний период теплую температуру и выпадение осадков. Антициклонический тип погоды создает бризовую циркуляцию на побережье Финского залива. Попросту говоря, в дневное время ветер дует с залива, а ночью наоборот. Средняя температура самого теплого летнего месяца июля плюс 17°С. Средняя температура самого холодного зимнего месяца января минус 8°С. По показателям относительной влажности в мае наблюдается самая низкая (67.45%), а в ноябре самая высокая (86.80%) [14].

На протяжении всего года величина осадков распределяется неравномерно, и общее их количество составляет около 740 мм в год. Максимум осадков выпадает в августе и сентябрь, минимум в феврале.

Территория Сестрорецка относится к зоне избыточного увлажнения. Большая площадь территории, которая находится между Финским заливом и озером Разлив, непосредственно принимает участие в развитии микроклимата [15].

2.2.2 Зеленые насаждения

Из определения статьи 1 закона Санкт-Петербурга №396-88 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге» (с изменениями на 5 августа 2021

года) следует, что комплекс зеленых насаждений, рассчитанный для отдыха граждан (бульвар, сад, сквер, парк), является объектом зеленых насаждений.

При помощи зеленых насаждений налаживаются полезные условия для труда и отдыха жителей города, реабилитируется воздушный бассейн города. Помимо этого, «зеленая зона» поглощает углекислый газ, выделяет кислород, в жаркую погоду снижает температуру окружающего воздуха, благодаря испарению влаги. Многие функции, которые выполняют зеленые насаждения, часто остаются без должного внимания, а ведь к ним относится: уменьшение уровня городского шума, запыленности и загазованности воздуха, происходит защита от ветров, которым место быть в Северной столице. Озеленение территорий является самым результативным средством для повышения качества среды города [16].

Если же снова обратиться к определениям из статьи 1 закона Санкт-Петербурга №396-88 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге» (с изменениями на 5 августа 2021 года), выявится, что существует структура усилий, цель которых представить создание, содержание и восстановление зеленых насаждений, и вся эта совокупность усилий будет считаться озеленением.

В Петроградском районе Санкт-Петербурга на 01.01.2017 расположено 199 объектов зеленых насаждений общего пользования городского значения (222,9 га), 254 объекта зеленых насаждений общего пользования местного значения (12,9 га), 117 объектов зеленых насаждений, выполняющих специальные функции, в части уличного озеленения (36,1 га).

Для того чтобы способствовать сохранению зеленого фонда Санкт-Петербурга, разработали нормативы качества зеленых насаждений. В Петроградском районе нормативы обеспеченности населения территориями зеленых насаждений минимальные – 6 $м^2$/чел. Такой показатель, как обеспеченность населения зелеными насаждениями, образовывается на

основе некоторых данных таких, как соотношение суммы площадей всех зеленых насаждений, которые находятся на территории исследуемого района и общее количество лиц, которые причастны к проживанию на исследуемой территории.

Обеспеченность населения Петроградского района Санкт-Петербурга зеленой зоной общего пользования городского и местного значения составляет 30,3 $м^2$/чел при суммарной площади указанных видов зеленых насаждений 421,6 га [16].

На рисунке 2.1 приведена схема расположения зеленых насаждений в Петроградском районе.

Рисунок 2.1 - Зеленые насаждения в Петроградском районе.

На участке Курортного района Санкт-Петербурга на 01.01.2017 расположено 149 объектов зеленых насаждений общего пользования городского значения (255,4 га), 174 объектов зеленых насаждений общего пользования местного значения (77,7 га), 38 объектов зеленых насаждений,

выполняющих специальные функции, в части уличного озеленения (184,0 га). Здесь же нормативы обеспеченности населения территориями зеленых насаждений максимальные – 18 м^2/чел.

Обеспеченность населения Курортного района зелеными насаждениями общего пользования городского и местного значения составляет 277,8 м^2/чел при суммарной площади указанных видов зеленых насаждений 2018,2 га.

Озеленение оказывает весомый вклад на состояние воздушного бассейна Санкт-Петербурга, на основе дальнейших расчетов, основанных на данных двух районов города, будет видна очевидная картина эффекта [17].

3 Материалы и методы исследования

Для того, чтобы достичь поставленной цели данной работы, требуется произвести анализ качества атмосферного воздуха, который основывается на данных о концентрации пяти основных загрязняющих веществ:

- Диоксид азота;
- Диоксид серы;
- Озон;
- Оксид азота;
- Оксид углерода.

В таблице 3.1 представлены некоторые характеристики этих веществ.

Таблица 3.1 - Фоновые концентрации вредных веществ.

Код	Наименование вещества	Класс вредности	Предельно допустимая концентрация, мг/м^3	
			Максимально разовая	Среднесуточная
0301	Диоксид азота	2	0,2	0,04
0330	Диоксид серы	3	0,5	0,05
0326	Озон	1	0,16	0,03
0304	Оксид азота	3	0,4	0,06
0337	Оксид углерода	4	5,0	3,0

Ниже приведено краткое описание каждого вещества.

Диоксид азота (NO_2) – это газ красновато-коричневого цвета. Является основным фактором образования смога и предшественником многих вредных вторичных загрязнителей, включая озон и твердые частицы. Образуется он при производстве электроэнергии, сжигании ископаемого топлива, при промышленных процессах и в результате сгорания дизельного топлива. При взаимодействии с водой двуокись азота может химически превращаться в азотную кислоту и способствовать подкислению озер кислотными дождями. Кислотные дожди стали причиной оголения лесов по

всей Европе и «смертей» озер в Канаде и США, а также проблем с урожаем и здоровьем в Азии. Существует несколько методов контроля выбросов диоксида азота, например, использование горелок с низким выбросом NOx в котлах; переход на электромобили; поощрение общественного транспорта, езды на велосипеде и ходьбы [18].

Диоксид серы (SO_2) - бесцветный газ с сильным, удушливым и резким запахом. Диоксид серы образуется в результате любой промышленной деятельности, в которой используются материалы, содержащие серу, для выработки электроэнергии. Он также может производиться транспортными средствами в результате сжигания топлива. Металлургический комплексы в России и угледобывающая провинция в Южной Африке являются крупнейшими источниками выбросов диоксида серы в мире. Электростанции являются крупнейшим источником диоксида серы в США, Индии, Китае и Европе. Нахождение сернистого ангидрида во влажном воздухе, является причиной образования смога в промышленных центрах в утренние часы. Вдобавок к этому, диоксид серы является предшественником кислотных дождей, которые могут вызывать подкисление озер и почв, а также ускорять разрушение зданий [18, 19].

Озон (O_3) - представляет собой газ от бесцветного до голубоватого цвета, образованный солнечным ультрафиолетовым излучением (солнечным светом) и молекулами кислорода. Озон является вторичным загрязнителем. Несмотря на то, что другие загрязняющие вещества выбрасываются непосредственно в воздух из различных источников, озон создается солнечным светом, воздействующим на оксиды азота и летучие органические соединения (ЛОС) в атмосфере. Когда эти загрязняющие вещества вступают в реакцию с солнечным светом, они создают приземный озон. Источники оксидов азота включают: автотранспорт; электростанции; источники горения; удары молнии. Источники же ЛОС включают в себя: непременно автотранспорт; сжигание деревьев; промышленные выбросы; химические

заводы; нефтеперерабатывающие заводы; чистящие и дезинфицирующие средства; краски, растворители для краски, лаки и отделочные материалы; табачный дым; лесные пожары. Озон также используется в коммерческих целях: очистка воздуха и питьевой воды; переработка промышленных отходов; дезинфицирующее средство; отбеливание и воск; создание других химических веществ; пищевая гигиена; увеличение срока годности фруктов и овощей. Рабочие на целлюлозно-бумажных предприятиях, очистных сооружениях, рыбных хозяйствах и на открытых площадках с высоким уровнем озона могут столкнуться с риском для здоровья в результате воздействия озона [18, 20].

Оксид азота (NO) – также называемый монооксидом азота, представляет собой бесцветный токсичный газ. Это серьезный загрязнитель воздуха, создаваемый автомобильными двигателями и тепловыми электростанциями. Взаимодействуя с кислородом, газ превращается в диоксид азота (NO_2) [18].

Оксид углерода (CO) – или угарный газ, известный как тихий убийца, представляет собой газ без запаха, цвета и вкуса, образующийся при неполном сгорании углерода в ископаемом топливе, таком как древесина, пропан, древесный уголь, нефть, газ, уголь или другое топливо. Исследование, проведенное в 2015 году в Американском журнале экстренной медицины, показало, что отравление угарным газом было второй по частоте смертью от немедикаментозного отравления в Соединенных Штатах в период с 1999 по 2012 год. Отравление угарным газом происходит, когда газовый прибор был неправильно установлен, плохо отремонтирован или плохо обслуживался, или, когда дымоходы или вентиляционные отверстия заблокированы, перекрывая поток воздуха. Любой прибор, работающий на ископаемом топливе, является потенциальным источником угарного газа. Источники могут включать в себя: газовые приборы, такие как печи, плиты, водонагреватели и сушилки для белья; электрические генераторы; водные

нагреватели; камины (газовые/дровяные) ; дровяные печи; обогреватели; угольные или масляные печи; автомобильные выхлопные газы; электроинструменты; табачный дым; угольные грили и походные печи [21, 22].

Города по всему миру сталкиваются с проблемой загрязнения воздуха, несмотря на вмешательство правительства в сокращение выбросов загрязняющих веществ. Плохое качество воздуха наносит вред человечеству и создает ужасную нагрузку на экономику.

Для выполнения дальнейших расчетов воспользуемся данными из отчетов с автоматических станций мониторинга (АСМ) Петроградского и Курортного районов за март, апрель, май 2019 и 2020 годов, которые представлены в Приложении А таблица 1, 2, 3, 4.

Автоматическая станция мониторинга (АСМ) атмосферного воздуха создана для снабжения органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и населения города информацией о состоянии атмосферного воздуха.

На территории Санкт-Петербурга в настоящее время работают 25 автоматических станций мониторинга загрязнения воздуха, 3 передвижных лаборатории мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, 2 технические лаборатории и одна метеорологическая лаборатория. На рисунке 3.1 представлено расположение станций мониторинга и постов наблюдения [4].

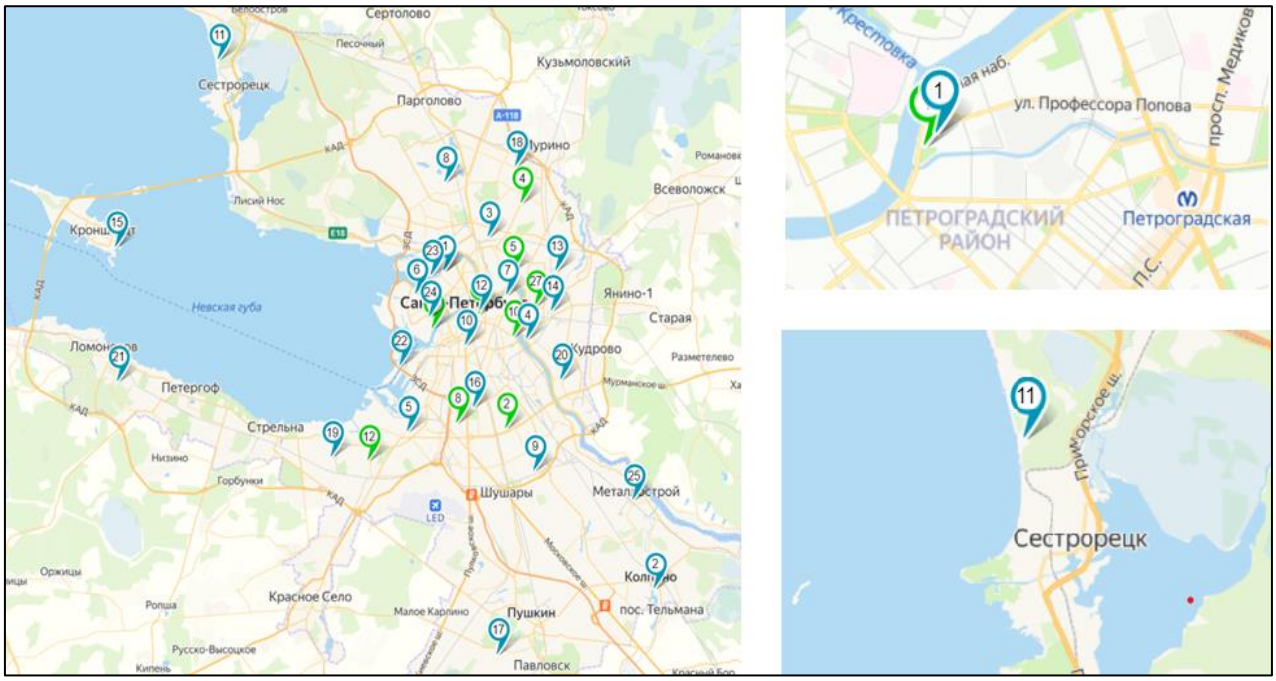

Рисунок 3.1 - Схема размещения автоматических станций мониторинга. Примечание: синий цвет – автоматическая станция мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, зеленый цвет – стационарный пост наблюдения за состоянием загрязненности атмосферного воздуха (ПНЗ) ФГБУ «Северо-Западное УГМС».

Выбранные для расчетов станции отмечены на карте под номером 1 (Петроградский район) и 11 (Курортный район).

Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха в целом по городу, наряду с отношением средних за год концентраций примесей к их среднесуточным ПДК, используют комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) и индекс качества атмосферы (AQI).

Состав загрязняющих веществ и их количество немало говорят об обстановке воздушного бассейна города, но сюда также стоит включить и климатические условия, которые влияют на распределение выбрасываемых веществ. Если сравнить города России, то у Санкт-Петербурга эти условия более выгодные по причине господствующего морского климата [4].

3.1 Расчет ИЗА в Петроградском районе

В качестве характеристики загрязненности атмосферного воздуха используются следующие показатели:

- средняя концентрация примеси (сравнивается со среднесуточной ПДК (ПДКс.с.));

- стандартный индекс (СИ) - наибольшая разовая концентрация любого вещества, деленная на ПДК максимальную разовую (ПДКм.р.);

- наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДКм.р., выраженная в процентах (НП, %);

- комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) - учитывает вклад отдельных примесей в общий уровень загрязнения, выбираются 5 примесей с наибольшими парциальными значениями ИЗА.

Согласно значениям ИЗА, СИ, НП принято различать следующие степени загрязнения атмосферного воздуха (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Степени загрязнения атмосферного воздуха.

Степень		Показатели		
градации	загрязнение атмосферы	ИЗА	СИ	НП, %
I	Низкое	от 0 до 4	от 0 до 1	0
II	Повышенное	от 5 до 6	от 2 до 4	от 0 до 19
III	Высокое	от 7 до 13	от 5 до 10	от 20 до 49
IV	Очень высокое	≥14	>10	>50

Если ИЗА, СИ и НП попадают в разные градации, то степень загрязнения атмосферы оценивается по ИЗА.

Для гигиенической оценки загрязнения воздуха применяется комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий классы опасности, стандарты качества и средний уровень загрязнения воздуха. Расчет единичного ИЗА для одной примеси производится по формуле 3.1.

$$ИЗА_i = (q_{cpi}/ПДК_{cci})^{C_i} \quad (3.1)$$

где q_{cpi} - средняя концентрация i-й примеси за период измерений;

$ПДК_{cci}$ – среднесуточная ПДК для примеси, мг/м^3;

C_i – коэффициент для различных классов опасности вещества, позволяющий привести степень вредности к степени вредности диоксида серы.

Для того, чтобы произвести расчет ИЗА за каждый месяц исследуемого периода времени, нужно найти среднемесячную концентрацию вещества за каждый месяц по формуле 3.2

$$q_{мес.} = (\sum_{t=1}^{n} q_n)/n \quad (3.2)$$

где q_n – среднесуточная концентрация вещества n –го дня;

n – количество дней в месяце.

Для подсчета ИЗА, исходя из формулы 3.1, требуется знать C_i, значение которого берется из таблицы 3.3.

Таблица 3.3 - Класс опасности вещества.

Вещество	Класс опасности	Ci
Оксид углерода	4	0,9
Оксид азота	3	1,0
Диоксид азота	2	1,3
Диоксид серы	3	1,0
Озон	1	1,7

Для суммарной оценки загрязнения рассчитывается комплексный ИЗА по приоритетным веществам по формуле 3.3 за каждый месяц [23].

$$ИЗА_m = \sum ИЗА_i \quad (3.3)$$

где $ИЗА_i$ - ИЗА i-го вещества.

m – количество веществ, участвующих в замерах.

3.2 Повторяемость превышения допустимой концентрации

Для того, чтобы узнать процентное соотношение повторяемости превышения допустимой концентрации вещества, требовалось узнать количество дней, в которых измерения превышали ПДКс.с.

По формуле 3.5 можно найти повторяемость превышения допустимой концентрации [23].

$$g = (m/n) \cdot 100\% \quad (3.4)$$

где m – количество дней с превышающей среднесуточной концентрацией вещества;
n – количество дней в месяце.

3.3 Расчет показателя AQI Петроградского района

Расчет показателя AQI производится на основании среднемесячной концентрации по формуле 3.6 [24].

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{HI} - BP_{Lo}} (C_P - BP_{LO}) + I_{LO} \quad (3.5)$$

где I_p - индекс загрязняющего вещества;

C_p - концентрация загрязняющего вещества;

BP_{Hi} – верхняя граница концентрации, которая больше или равна C_p;

BP_{Lo} – нижняя граница концентрации, которая меньше или равна C_p;

I_{Hi} - значение AQI, соответствующее BP_{Hi};

I_{Lo} - значение AQI, соответствующее BP_{Lo}.

4 Характеристика качества атмосферного воздуха

4.1 Анализ концентрации веществ

На основании непрерывных наблюдений за содержанием диоксида серы, оксида углерода, оксида азота, диоксида азота и озона в приземном слое воздуха города, которые были получены с автоматических станций мониторинга, были произведены расчёты загрязнения атмосферного воздуха. Для оценки качества атмосферного воздуха, полученные при измерениях на стационарных постах, концентрации загрязняющих веществ сравниваются с ПДК.

Для более наглядной характеристики каждого анализируемого месяца приведём среднемесячную концентрацию веществ, которая была рассчитана с помощью данных из Приложения А таблица 1 и 2 по формуле 3.2 для Петроградского района.

Таблица 4.1 - Среднемесячная концентрация вещества Петроградского района.

Вещество	Среднемесячная концентрация вещества $q_{ср.м}$, $ПДК_{с.с.}$					
	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	0,1	0,18	0,129	0,109	0,1	0,106
Оксид азота	0,32	0,42	0,41	0,23	0,41	0,274
Диоксид азота	1,067	1,56	1,02	0,43	0,29	0,28
Диоксид серы	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Озон	1,54	1,66	1,31	1,57	1,73	1,77
$PM_{2.5}$	0,154	0,11	0,18	0,248	0,11	0,11

Одним из важнейших параметров для оценки состояния атмосферного воздуха является повторяемость превышения допустимой концентрации вещества. Суть этого показателя в том, что он показывает в процентах

сколько измерений от общего числа измерений превышает предельно допустимую норму.

Для этого на основе данных Приложения А таблица 1 и 2 посчитали количество дней в месяце, в которых показатели превысили допустимые Петроградского района. За допустимое значение принимается ПДКс.с.

Таблица 4.2 – Количество дней, в которые измерения превысили $ПДК_{с.с}$ в Петроградском районе.

Вещество	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	0	0	0	0	0	0
Оксид азота	0	0	0	0	0	0
Диоксид азота	12	21	15	0	0	0
Диоксид серы	0	0	0	0	0	0
Озон	28	26	25	23	27	31

По формуле 3.4 получилось высчитать повторяемость превышения допустимой концентрации.

Для наглядности рассчитаем повторяемость для диоксида азота в марте 2019 года.

$$g = (12/31) \cdot 100\% = 38{,}7\% \quad (4.1)$$

Полученные при расчетах данные занесем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Повторяемость веществ Петроградского района.

Вещество	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	0	0	0	0	0	0
Оксид азота	0	0	0	0	0	0
Диоксид азота	38,7	70	48,3	0	0	0
Диоксид серы	0	0	0	0	0	0
Озон	90,3	86,6	80,6	74,1	90	100

Основываясь на имеющихся данных с АСМ №1 Петроградского района (ул. Профессора Попова, 48), среднемесячная концентрация оксида углерода,

рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, за март 2019 года Петроградского района составила 0,1 ПДКс.с, а за март 2020 года – 0,109 ПДКс.с.

Поскольку на основе имеющихся данных проанализировать наибольшую повторяемость (НП) не пристало возможным из-за отсутствия данных, был произведен расчёт повторяемости превышения допустимой концентрации примеси. Данный показатель даёт представление о количестве измерений, которые превышают предельно допустимую норму для каждого вещества в процентах. Повторяемость превышения допустимой концентрации оксида углерода в марте 2019 и 2020 года составила 0%.

Среднемесячная концентрация оксида углерода за апрель 2019 года составила 0,18 ПДКс.с, в 2020 году – 0,1 ПДКс.с. Повторяемость превышения допустимой концентрации оксида углерода в апреле 2019 и 2020 года составила 0%.

Средняя за месяц концентрация оксида углерода за май 2019 года составила 0,129 ПДКс.с, за май 2020 года – 0,106 ПДКс.с. Повторяемость превышения допустимой концентрации оксида углерода в мае 2019 и 2020 года составила 0%.

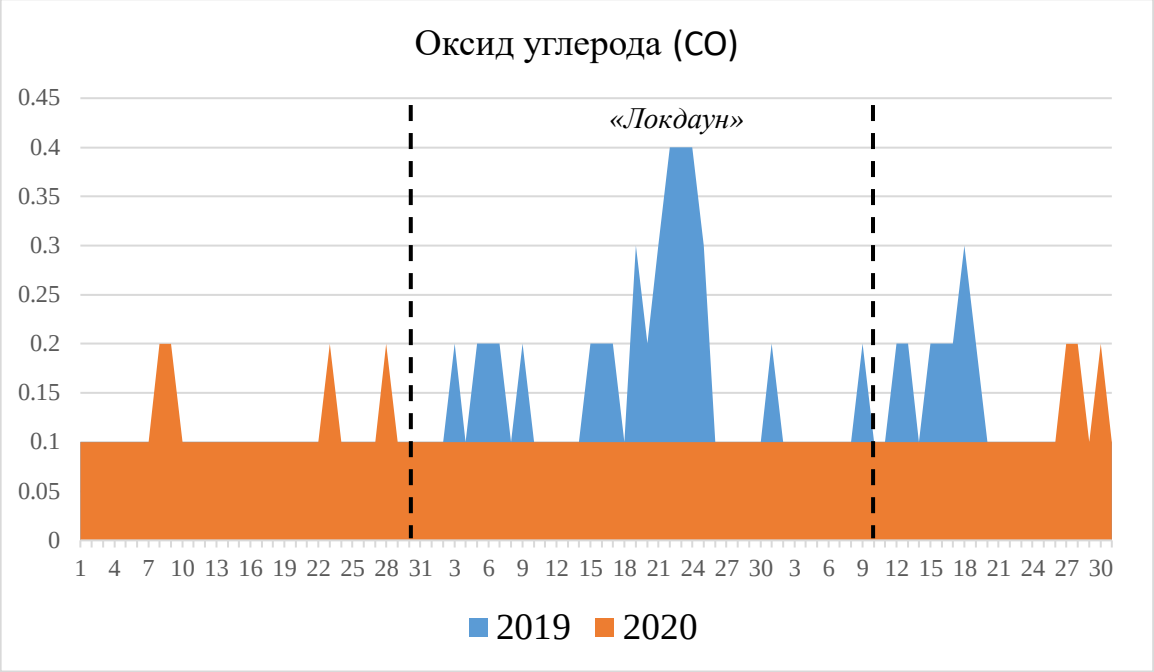

Рисунок 4.1 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) оксида углерода Петроградского района за весенний период 2019 и 2020 годов.

На динамике отчетливо видно, что в период «локдауна» значения концентрации оксида углерода не изменялись.

Среднемесячная концентрация оксида азота в марте 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,32 и 0,23 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость составила 0%.

Среднемесячная концентрация оксида азота в апреле 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,42 и 0,41 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость составила 0%.

Среднемесячная концентрация оксида азота в мае 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,41 и 0,274 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость составила 0%.

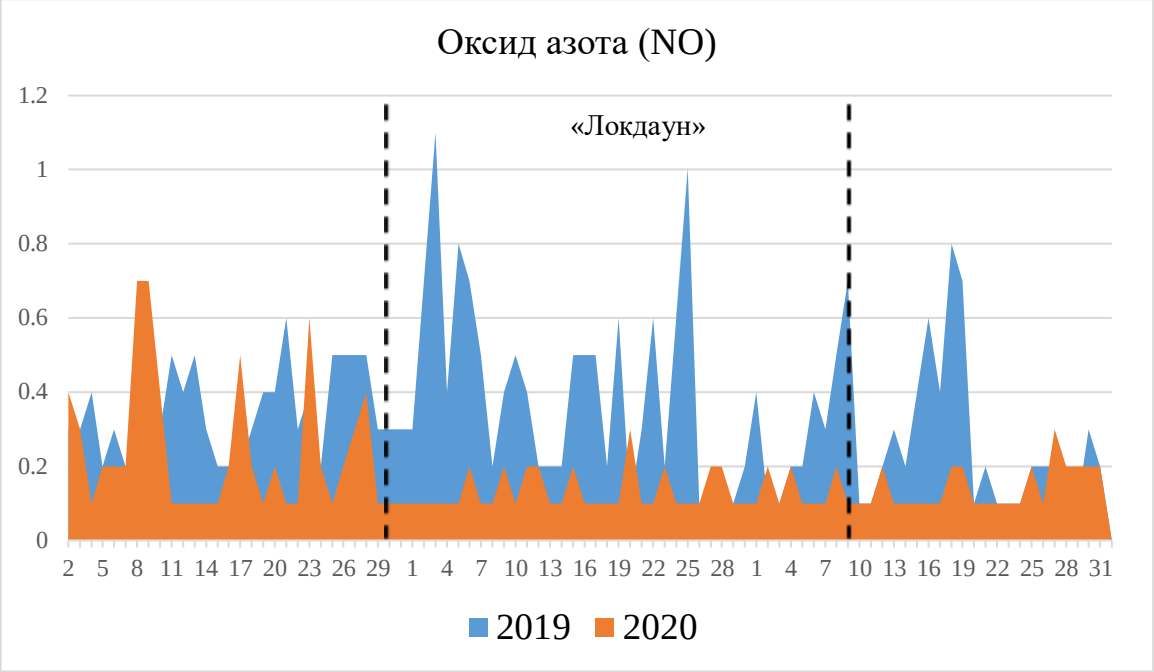

Рисунок 4.2 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) оксида азота Петроградского района за весенний период 2019 и 2020 годов.

На динамике отчетливо видно, что в период «локдауна» значения концентрации оксида азота не изменялись.

Среднемесячная концентрация диоксида азота за март 2019 года составила 1,067 ПДКс.с, в 2020 году – 0,43 ПДКс.с. Повторяемость превышения допустимой концентрации диоксида углерода в марте 2019 года соответствовала 38,7%, 2020 года - 0%.

Среднемесячная концентрация диоксида азота в апреле 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 1,56 и 0,29 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость в апреле 2019 года соответствовала 70%, 2020 года - 0%.

Среднемесячная концентрация диоксида азота в мае 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 1,02 и 0,28 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость в мае 2019 года соответствовала 48,3%, 2020 года - 0%.

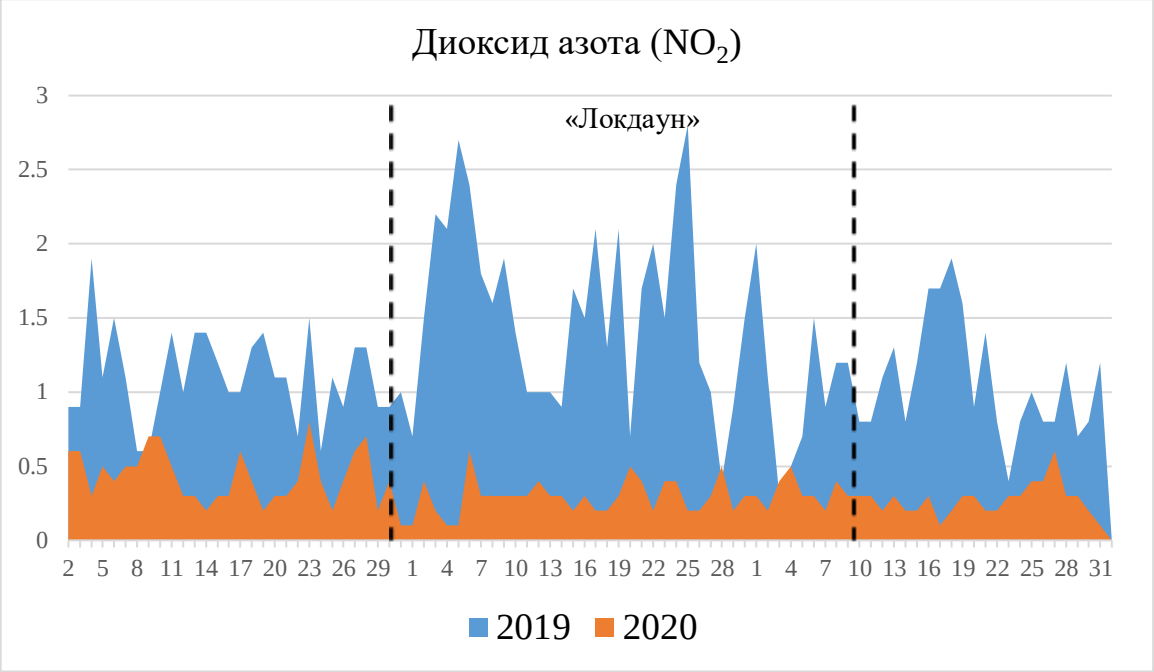

Рисунок 4.3 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) диоксида азота Петроградского района за весенний период 2019 и 2020 годов.

На динамике отчетливо видно, что в период «локдауна» значения концентрации диоксида азота не изменялись.

Среднемесячная концентрация диоксида серы, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, за март, апрель и май 2019 года Петроградского района составила 0,1 ПДКс.с, такие же значение были за те же самые месяцы в 2020 году. Повторяемость превышения допустимой концентрации диоксида серы за весь рассчитанный период была 0%.

Среднемесячная концентрация озона, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, за март 2019 года Петроградского района составила 0,154 ПДКс.с, а за март 2020 года – 0,157 ПДКс.с. Повторяемость в марте 2019 года соответствовала 90,3%, 2020 года – 74,1%.

Среднемесячная концентрация озона в апреле 2019 и 2020 гг. достигла 1,66 и 1,73 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость в апреле 2019 года отвечала 86,6%, 2020 года- 90%.

Среднемесячная концентрация озона в мае 2019 и 2020 гг. достигла 1,31 и 1,77 ПДКс.с. соответственно. Повторяемость в мае 2019 года отвечала 80,6%, 2020 году - 100%.

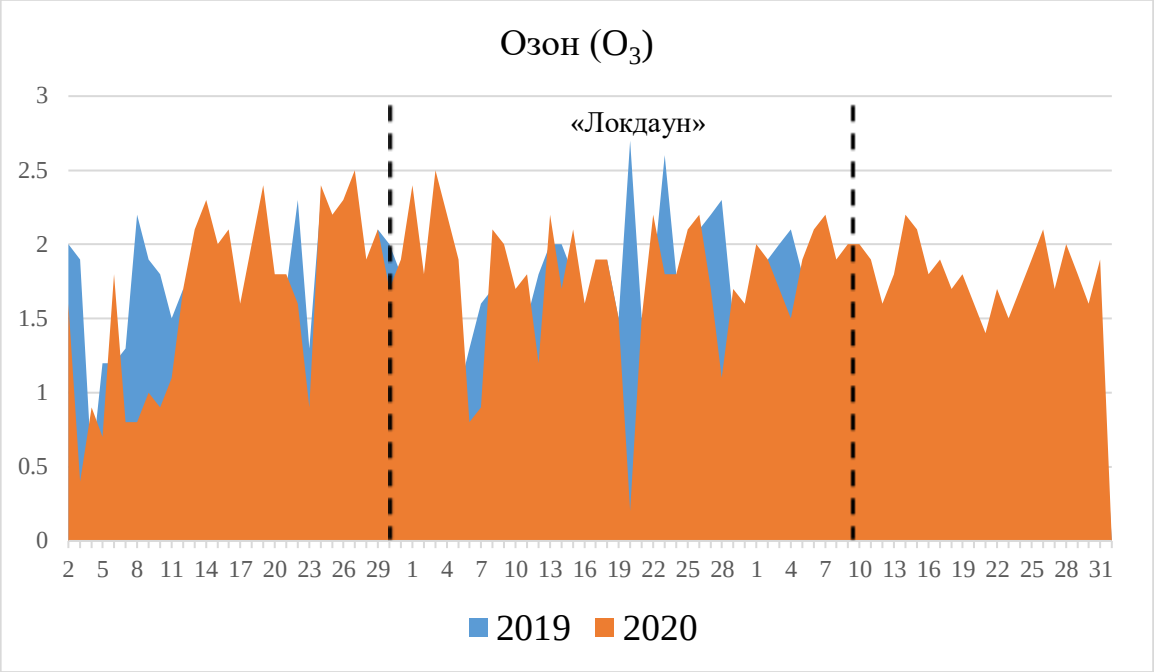

Рисунок 4.4 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) озона Петроградского района за весенний период 2019 и 2020 годов.

Как видно из полученных данных, повторяемость превышения допустимой концентрации озона увеличилась в 2020 году, несмотря на отсутствие повторяемости у других веществ. Данный момент можно объяснить только тем, что озон создаётся солнечным светом, воздействующим на оксиды азота и летучие органические соединения (ЛОС) в атмосфере. Источником ЛОС являются чистящие и дезинфицирующие средства, которые использовались в больших количествах во время распространения короновирусной инфекции, поскольку данная инфекция распространяется через загрязненные поверхности, например, дверные ручки, рекомендуется регулярно обрабатывать предметы дезинфицирующими средствами.

В качестве фонового района для наблюдений за изменениями концентрации примесей был выбран Курортный район с АСМ №11, находящейся по адресу город Сестрорецк, улица М. Горького, дом 2, данные взяты из Приложения А таблица 3 и 4. Среднемесячная концентрация оксида углерода, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, за март, апрель и май 2019 года Курортного района составила 0,1 ПДКс.с, такие же значение были за те же самые месяцы в 2020 году.

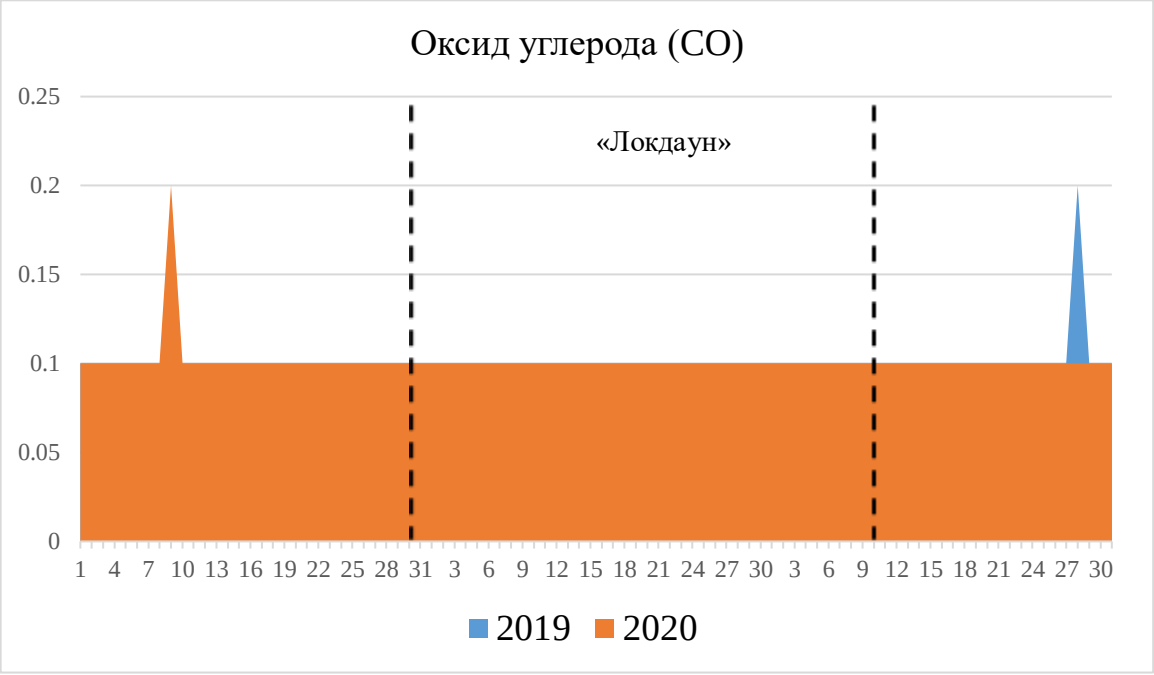

Рисунок 4.5 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) оксида углерода Курортного района за весенний период 2019 и 2020 года.

На динамике отражается равноценная концентрация оксида углерода на всём анализируемом промежутке времени.

Среднемесячная концентрация оксида азота в марте 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,1 и 0,1 ПДКс.с. соответственно.

Среднемесячная концентрация оксида азота в апреле 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,103 и 0,1 ПДКс.с. соответственно.

В свою очередь среднемесячная концентрация оксида азота в мае 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,103 и 0,1 ПДКс.с.

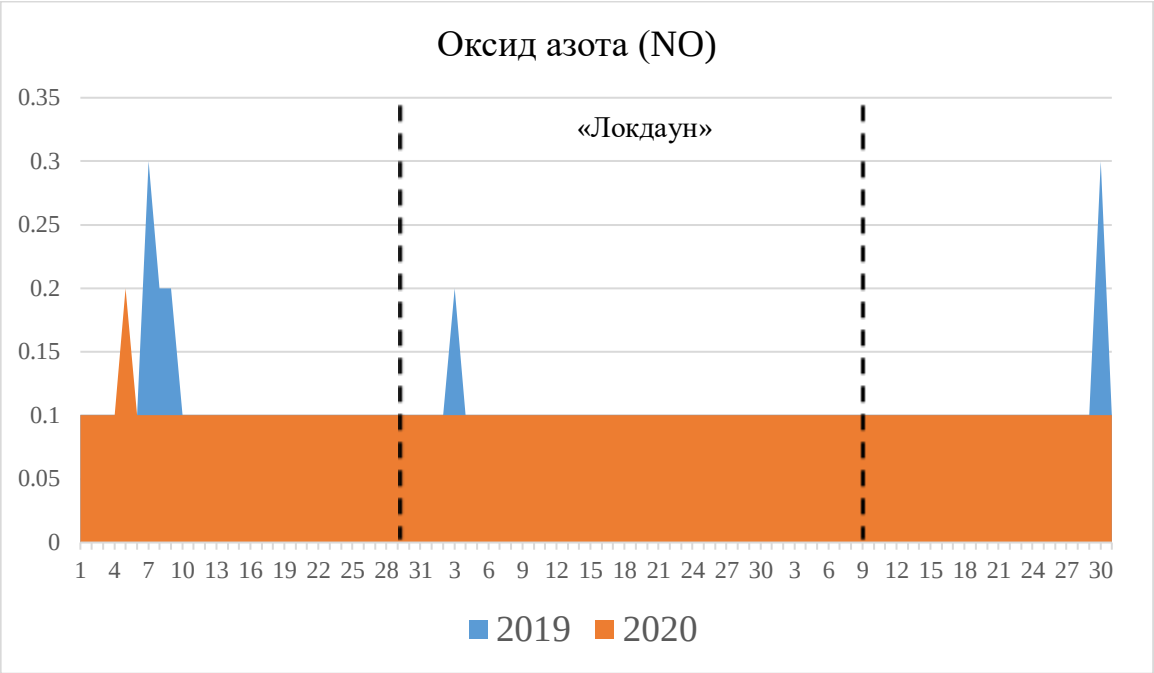

Рисунок 4.6 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) оксида азота Курортного района за весенний период 2019 и 2020 года.

На динамике отчетливо видно, что в период «локдауна» значения концентрации оксида азота не изменялись.

Среднемесячная концентрация диоксида азота за март 2019 года составила 0,37 ПДКс.с, в 2020 году – 0,25 ПДКс.с.

Среднемесячная концентрация диоксида азота за апрель 2019 года составила 0,41 ПДКс.с, в 2020 году – 0,17 ПДКс.с.

Среднемесячная концентрация диоксида азота в мае 2019 и 2020 гг. охарактеризовалась как 0,25 и 0,2 ПДКс.с. соответственно.

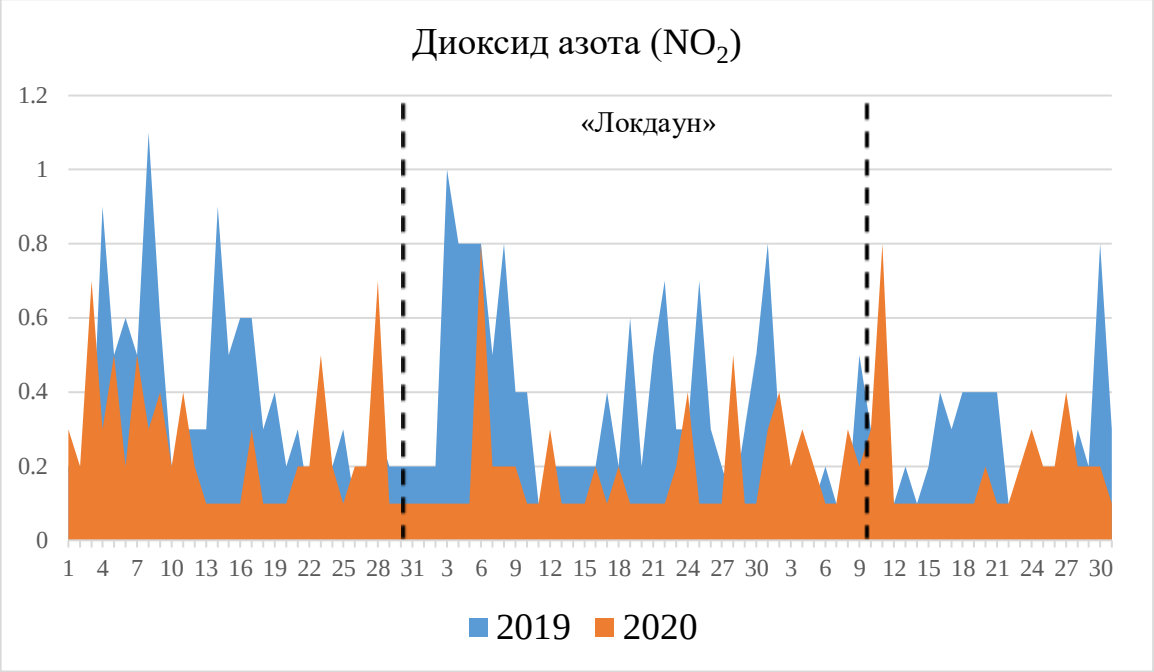

Рисунок 4.7 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) диоксида азота Курортного района за весенний период 2019 и 2020 года.

Анализируя динамику изменений среднемесячных значений диоксида азота в Курортном районе, можно сделать вывод, что некоторый рост концентрации в 2020 году в период «локдауна» происходил по причине свободного времени у людей, и следом, выезда к берегу Финского залива.

Среднемесячная концентрация озона, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, за март 2019 года Курортного района составила 2,1 ПДКс.с, а за март 2020 года – 1,77 ПДКс.с.

Среднемесячная концентрация озона в апреле 2019 и 2020 гг. достигла 2,12 и 1,84 ПДКс.с. соответственно.

Среднемесячная концентрация озона в мае 2019 и 2020 гг. достигла 1,23 и 1,82 ПДКс.с. соответственно.

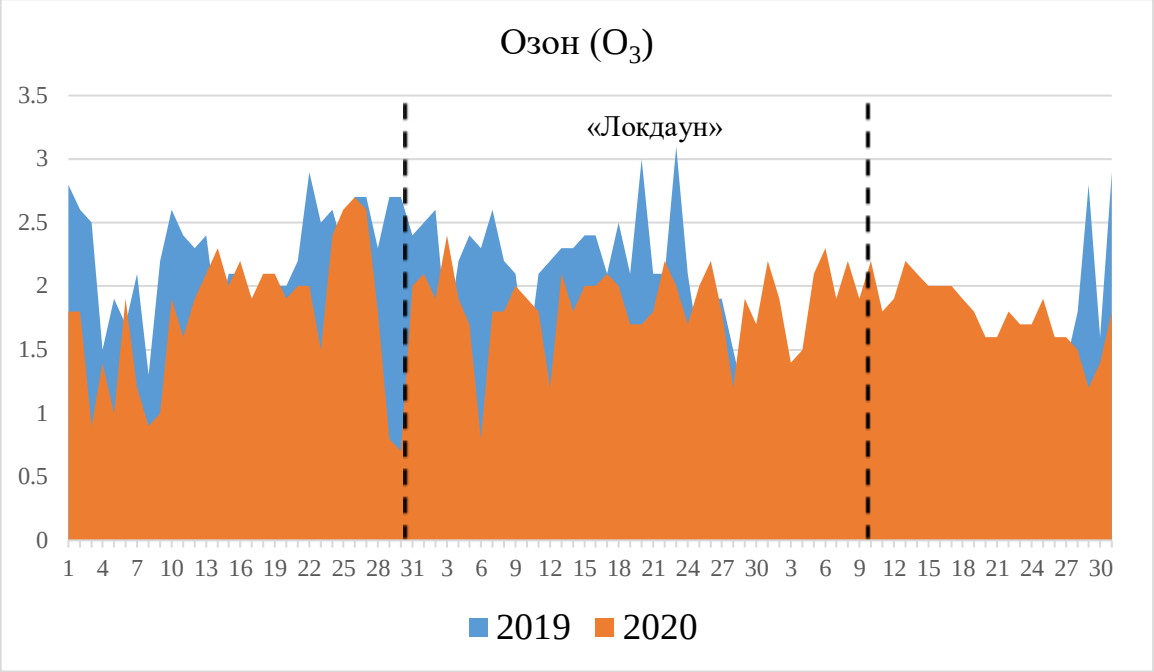

Рисунок 4.8 - Динамика изменения среднемесячных концентраций (в единице ПДКс.с.) озона Курортного района за весенний период 2019 и 2020 года.

Как уже говорилось ранее, увеличение некоторых концентраций, в данном случае озона в 2020 году, связано с наличием большего количества свободного времени, что обеспечивает поездки за город на автомобильном транспорте, который является источников повышения приземного озона.

4.2 Анализ расчета индекса загрязнения атмосферы

Основываясь на имеющихся данных с АСМ №1 Петроградского района (ул. Профессора Попова, 48), был осуществлен расчет комплексного ИЗА, который представлен ниже и который определяет уровень загрязнения воздуха и его эффект на здоровье человека.

Для каждого вещества был подсчитан единичный ИЗА, используя данные из таблицы 3.1 и 4.1 в формулу 3.1. Полученные числа заносим в таблицу 4.4.

В качестве примера рассмотрим расчет ИЗА для оксида углерода за март 2019 года.

$$ИЗА = \left(\frac{0{,}1 \cdot ПДК_{сс}}{ПДК_{сс}}\right)^{0{,}9} = 0{,}125 \quad (4.2)$$

Так как данные Приложения 1 и 2 даны в $ПДК_{с.с.,}$ то подставленное в формулу $ПДК_{с.с}$ сокращается.

Таблица 4.4 – ИЗА вещества.

Вещество	ИЗА вещества					
	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	0,125	0,213	0,15	0,13	0,125	0,132
Оксид азота	0,32	0,42	0,41	0,23	0,41	0,274
Диоксид азота	1,08	1,78	1,02	0,33	0,2	0,19
Диоксид серы	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Озон	2,08	2,36	1,58	2,15	2,53	2,63

Данные ИЗА используют для характеристики вклада отдельных примесей в общий уровень загрязнения атмосферы за данный период.

Также для суммарной оценки загрязнения атмосферы был рассчитан комплексный ИЗА по приоритетным веществам по формуле 3.3 за каждый месяц.

Для этого данные из таблицы 4.4 подставляем в формулу 3.3 и полученный результат заносим в таблицу 4.5.

В качестве примера рассмотрим расчет комплексного ИЗА за март 2019 года.

$$ИЗА_5 = 0{,}125 + 0{,}32 + 1{,}08 + 0{,}1 + 2{,}08 = 3{,}705 \quad (4.3)$$

Таблица 4.5 – Комплексный ИЗА.

Комплексный ИЗА	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
	3,705	4,873	3,26	2,94	3,365	3,326

Уровень загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга за апрель 2019 года квалифицировался как повышенный (таблица 3.2) согласно

комплексному индексу загрязнения, март и май же квалифицируются как низкий уровень.

Степень загрязнения воздушной среды за весенний период (март, апрель, май) 2020 года оценивалась как низкая. На основе полученных данных видно, что произошло небольшое, но символичное снижение загрязнения воздуха. Эти изменения произошли по ряду причин, а именно введение ограничений, связанных с распространением новой короновирусной инфекции: произошёл резкий спад экономической активности, сократилось использование энергии, изменилось транспортное сообщения.

4.3 Анализ индекса качества воздуха (AQI)

Индекс качества воздуха США или AQI – представляет собой систему для перевода иногда запутанных или не интуитивных измерений концентрации загрязняющих веществ в одну простую для понимания шкалу, чтобы четко представить риск для здоровья, связанный с загрязнением атмосферного воздуха. Он был разработан Агентством по охране окружающей среды США (US EPA) для отчетности и прогнозирования ежедневного качества воздуха.

Цель AQI — информировать людей о качестве воздуха, чтобы они могли принять меры для защиты своего здоровья. Это особенно важно, когда AQI превышает 100.

Формула индекса обычно учитывает до 6 основных загрязнителей (PM2.5, PM10, оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота и приземный озон) и рассчитывает соответствующий риск для здоровья (или показатель AQI) для каждого из них в любой момент времени.

Индекс представляет собой шкалу, которая варьируется от 0 до 500. Общее число AQI в данный момент определяется «самым рискованным» загрязнителем с самым высоким числом AQI.

Для каждого загрязнителя значение AQI, равное 100 или выше, качество воздуха становится опасным для определённых чувствительных групп людей, а затем для всех по мере повышения значений AQI [25].

Таблица 4.6 - Группы чувствительности к конкретным загрязнителям.

Когда этот загрязнитель имеет AQI выше 100…	Чувствительные группы людей
Озон	Люди с заболеваниями легких, дети, пожилые люди, люди, которые активно проводят время на открытом воздухе (включая работников на открытом воздухе), являются группами повышенного риска.
PM2.5	Люди с заболеваниями сердца или легких, пожилые люди, дети и люди с более низким социально-экономическим статусом являются группами риска.
PM10	Люди с заболеваниями сердца или легких, пожилые люди, дети и люди с более низким социально-экономическим статусом являются группами риска.
CO	Люди с сердечно-сосудистыми заболеваниями — группа риска
NO_2	Люди с астмой, дети и пожилые люди являются группами риска.
SO_2	Люди с астмой, дети и пожилые люди являются группами риска.

AQI рассчитывается по-разному во всем мире, однако индекс качества воздуха США является одной из наиболее широко признанных доступных систем AQI.

Таблица 4.7 - Значение AQI и граничные значения.

Значение AQI	Описание уровня загрязнения воздуха для населения	Цветовой код уровня загрязнения	Граничные значения, используемые для расчета индекса качества атмосферного воздуха, мкг/м^3					
			PM2,5	PM10	NO_2,	CO	$O_з$	SO_2
0-1	Очень хороший	Голубой	0-12	0-20	0-40	0-2000	0-24	0-70
1-3	Хороший	Зеленый	13-36	21-60	41-120	2001-6000	25-72	71-210
3-5	Умеренный	Желтый	37-60	61-100	121-200	6001-10000	73-120	211-350
5-7	Удовлетворительный	Оранжевый	61-84	101-140	201-280	10001-14000	121-168	351-490
7-10	Плохой	Красный	85-120	141-200	281-400	14001-20000	169-240	491-700
> 10	Опасный	Коричневый	> 121	>201	>401	>20001	>241	>701

Сообщения об AQI принимают разные формы — от традиционных средств массовой информации, таких как телевидение, газеты, радио и телефон, к более цифровым формам, таким как приложения, веб-страницы и социальные сети [25].

Для того, чтобы произвести расчет показателя AQI для Петроградского района, нужно осуществить перевод мг/м^3 в мкг/м^3, так как в таблице 4.7 граничные значения концентрации веществ даны в мкг/м^3.

Чтобы это осуществить нужно перемножить значения из таблицы 4.1 и 4.8, и тогда полученную концентрацию в мкг/м^3 следует внести в таблицу 4.9.

Таблица 4.8 – Значение $ПДК_{с.с.}$ вещества.

Наименование вещества	$ПДК_{с.с}$, мкг/м^3
Диоксид азота	40
Диоксид серы	50
Озон	30
Оксид азота	60
Оксид углерода	3000
$PM_{2.5}$	35

Таблица 4.9 - Среднемесячная концентрация вещества Петроградского района.

Вещество	Среднемесячная концентрация вещества $q_{ср.м}$, мкг/м^3					
	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	300	540	387	327	300	318
Оксид азота	19,2	25,2	24,6	14,4	24,6	16,44
Диоксид азота	42,68	62,4	40,8	17,2	11,6	11,2
Диоксид серы	5	5	5	5	5	5
Озон	46,2	49,8	39,3	47,1	51,9	53,1
$PM_{2.5}$	5,39	3,85	6,3	8,86	3,85	3,85

Подставив данные из таблицы 3.7 и 4.9 в формулу 3.6, полученные данные записываем в таблицу 4.10.

В качестве рассматриваемого примера найдем AQI для озона за май 2020 года.

$$I_P = \frac{3-1}{72-25}(53{,}1 - 25) + 1 = 2{,}19 \qquad (4.4)$$

Таблица 4.10 - AQI вещества.

Вещество	AQI вещества					
	2019			2020		
	март	апрель	май	март	апрель	май
Оксид углерода	0,15	0,27	0,19	0,167	0,15	0,159
Оксид азота	-	-	-	-	-	-
Диоксид азота	1,025	1,53	0,99	0,43	0,29	0,28
Диоксид серы	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Озон	1,88	2,08	1,59	1,92	2,12	2,19
$PM_{2.5}$	0,449	0,32	0,52	0,73	0,32	0,32

Общий AQI для большего количества загрязняющих веществ определяется по большему числовому значению и на основе этого находится основной загрязнитель.

Исследуя полученные показатели, значения AQI составили 1,53-2,08 за весенний период 2019 года, что говорит о хорошем уровне загрязнения воздуха для населения и обладает зеленым кодом уровня загрязненности (таблица 4.7). Основным загрязнителем являлся озон и диоксид азота.

Величина AQI за весенний период 2020 года получилась 1,92-2,19, что свидетельствует о хорошем уровне загрязнения воздуха для населения и обладает зеленым кодом уровня загрязненности. Основным загрязнителем являлся озон.

Заключение и основные выводы

1. Опираясь на данные из литературных материалов, основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городе Санкт-Петербурге является автотранспорт, на его долю приходится больше 60% выбросов, основным загрязняющим веществом служит оксид углерода (CO), объемы которого достигают более 100 тыс.т.

2. На основе анализа данных с автоматических станций мониторинга за исследуемый период наблюдались превышения по таким веществам, как озон и диоксид азота.

3. На межгодовой динамике отмечается понижение загрязнения атмосферного воздуха на основе данных расчетов Индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). По сравнению с 2019 годом, где степень загрязнения атмосферы квалифицировалась как повышенная, в 2020 году степень стала значится как низкая.

Также для оценки качества атмосферного воздуха использовался Индекс качества воздуха США (AQI), значения которого показывают уровень загрязнения для населения и основное загрязняющее вещество по большему числовому значению. Основным загрязняющим веществом в 2019 году оказался озон (O_3) и диоксид азота (NO_2), а в 2020 году только озон (O_3). Уровень загрязнения воздуха для населения квалифицировался как «хороший», что для 2019 года, что и для 2020 года и обладал зеленым цветом кода.

Список использованной литературы

1. О Генеральном плане Санкт-Петербурга: закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 № 728-99 // Собр. Законодательства Санкт-Петербурга.
2. Научно-исследовательский и проектный центр Генерального плана Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gugenplan.spb.ru (дата обращения 15.04.2022).
3. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2019 году / Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Спб.: ООО «Типография Глори», 2020, 179 с.
4. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году / Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021, 253 с.
5. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ с изменениями на 11 июня 2021 года // Собр. Законодательства Российской Федерации.
6. Историческая справка – официальный сайт администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_petrograd/information/istoricheskaya-spravka/ (дата обращения 01.05.2022).
7. Общая информация о Петроградском районе – официальный сайт администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_petrograd/information/ (дата обращения 01.05.2022).
8. Буклет об итогах социально-экономического развития за 2017 год и задачи на 2018 год – официальный сайт администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/06/05/29/%D0

%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82_2017.pdf (дата обращения 01.05.2022).

9. Курортный район Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bn.ru/wiki/rayon/kurortnyj (дата обращения 02.05.2022).
10. Сестрорецк – город - курорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://peterburg.center/ln/sestroreck-gorod-kurort-gde-otdohnut-chto-prosmotret-i-kak-dobratsya-do-sestrorecka.html (дата обращения 02.05.2022).
11. Жизнь и отдых в черте города: удивительный Курортный район [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.prokinvest.ru/o_kompanii/press/zhizn-i-otdykh-v-cherte-goroda-udivitelnyy-kurortnyy-rayon/ (дата обращения 02.05.2022).
12. Климат и природные ресурсы – официальный сайт администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/helper/day/klimat/ (дата обращения 05.05.2022).
13. СП 131.13330.2020. «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» от 24.12.2020 г // Свод правил.
14. Климат: Сестрорецк, климатический график [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.climate-data.org (дата обращения 08.05.2022).
15. Климатические условия Курортного района – Виртуальный музей Курортного района [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://virtmuseum.spb.ru/interactive_map/climat.php (дата обращения 08.05.2022).
16. Экологическая обстановка в Петроградском районе Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Санкт-Петербург, 2017.
17. Экологическая обстановка в Курортном районе Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Санкт-Петербург, 2017.

18. Загрязнение атмосферного воздуха – Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health (дата обращения 13.05.2022).
19. М. Тоян. Российский Норильск и южноафриканский угольный город Криэль лидируют по выбросам диоксида серы: данные НАСА / П. Девитт // Международное агентство «Reuters» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.reuters.com/article/us-climate-norilsk-safrica-idUSKCN1V91JM (дата обращения 13.05.2022).
20. Ц. Чжан. Загрязнение озоном: серьезная опасность для здоровья во всем мире / Ю. Вэй, Ч. Фан // Национальная медицинская библиотека США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6834528/ (дата обращения 13.05.2022).
21. Монооксид углерода // Американская ассоциация легких [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.lung.org/clean-air/at-home/indoor-air-pollutants/carbon-monoxide (дата обращения 13.05.2022).
22. К. Сиркар. Смертность от отравления угарным газом в США // Национальная медицинская библиотека США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26032660/ (дата обращения 13.05.2022).
23. Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - характеристика загрязнения воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sevmeteo.ru/monitoring/air/criteria.php (дата обращения 14.05.2022).
24. Документ технической помощи для отчётности об ежедневном качестве воздуха - Индекс качества воздуха (AQI).

25. IQAir - статья: что такое AQI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iqair.com/us/blog/resources/what-is-aqi (дата обращения 16.05.2022).