



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Исследование влияния метеорологических параметров на качество
атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге»

Исполнитель Соколова Анастасия Михайловна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Крюкова Светлана Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна

«27» июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

Введение	3
1 Загрязнение атмосферного воздуха.....	6
1.1 Причины и источники загрязнения воздуха	6
1.2 Загрязнение атмосферного воздуха в Санкт- Петербурге.....	9
1.3 Негативное влияние загрязнения воздуха на организм человека	14
1.4 Пути решения проблемы загрязнения воздуха	16
2 Метеорологические параметры, влияющие на качество атмосферного воздуха	20
2.1 Температура воздуха	20
2.2 Влажность воздуха	21
2.3 Скорость и направление ветра	22
3 Исследование влияния метеопараметров на концентрацию загрязняющих веществ на примере Санкт-Петербурга	24
3.1 Исследуемые территории.....	24
3.2 Исследуемые загрязняющие вещества	26
3.3 Анализ средних значений загрязняющих веществ	28
3.4 Анализ воздействия погодных условий на уровни загрязняющих компонентов в атмосфере	46
Заключение	48
Список использованной литературы.....	51

Введение

Современное городское пространство следует рассматривать как экосистему, где созданы удобные условия для жизни человека. Важно не только наличие комфортного жилья, транспорта и различных услуг, но и благоприятная экологическая обстановка: чистый воздух и зеленые насаждения. Специалисты подчеркивают, что человек в городе должен быть в единении с природой, а не оторван от нее. Поэтому зеленые зоны в городах должны занимать более половины площади территории [1].

Важно отметить, что состояние здоровья горожан является не только показателем экологической ситуации в городе, но и важным социально-экономическим фактором, который определяет стратегию улучшения окружающей среды.

Санкт-Петербург, как и другие мегаполисы, сталкивается с проблемами экологии. Высокий уровень автомобильного транспорта способствует загрязнению воздуха выхлопными газами. В условиях безветрия вдоль дорог и в центре города дышать становится трудно. Количество машин на дорогах растет, что приводит к повышению уровня вредных выбросов.

Также необходимо учитывать влияние промышленных предприятий на экологию. Выбросы загрязняющих веществ достигают 67 тысяч тонн в год из стационарных источников. Это на 22% больше, чем было в 2010 году. Такие предприятия, как тепловые электростанции, свалки отходов, заводы по сжиганию мусора и сточные воды, также оказывают значительное воздействие на состояние окружающей среды.

Загрязнение воздуха является основной угрозой для окружающей среды. Международная организация труда определяет загрязнение воздуха как наличие вредных веществ, которые представляют опасность для здоровья людей, независимо от их формы. Основные загрязнители атмосферы: углекислый газ, сернистый диоксид, оксиды азота и пыль.

Для научного исследования были выбраны два района с разными уровнями загрязнения воздуха. Различия между районами обусловлены уровнем развития промышленности, плотностью и численностью населения, количеством дорог и транспортной нагрузкой. Особый интерес представляет сравнение качества воздуха в этих районах и анализ влияния на него метеорологических параметров [1].

Цель исследования: изучить влияние метеорологических параметров на качество воздуха, используя в качестве примера Приморский и Колпинский районы Санкт-Петербурга в весенний и осенний периоды 2023 года.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Изучить и оценить научную литературу по исследуемому вопросу;
- 2) Изучить динамику изменений концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в указанных районах за выбранные периоды;
- 3) Оценить степень влияния метеорологических параметров на уровень загрязнения воздуха;
- 4) Сделать соответствующие выводы.

Объектом исследования являются показатели содержания загрязняющих веществ на двух автоматизированных станциях экологического мониторинга воздуха в Санкт-Петербурге.

Предметом исследования являются данные по загрязнению воздуха за весенние месяцы (март, апрель, май) и осенние месяцы (сентябрь, октябрь, ноябрь) 2023 года, полученные с двух станций.

Структура выпускной работы: работа включает введение, три главы с подразделами, заключение и список использованной литературы.

В первой главе рассматривается проблема загрязнения воздуха. Описаны ключевые источники загрязнения и методы борьбы с ним. Во второй главе анализируется влияние определённых метеорологических параметров на состояние воздуха. Третья глава содержит описание

проведённого исследования и его результаты. В заключении подводятся
основные итоги исследования.

1 Загрязнение атмосферного воздуха

1.1 Причины и источники загрязнения воздуха

Загрязнение воздуха является ключевой причиной глобальных экологических проблем. Международная организация труда определяет такое загрязнение как присутствие веществ в воздухе, которые вредны для здоровья или опасны, независимо от их физического состояния. Наиболее частыми загрязнителями атмосферы являются углекислый газ, диоксид серы, оксиды азота и пыль [2].

Источники загрязнения воздуха

Любое вещество в газообразной, твердой или жидкой форме, если его концентрация превышает средние показатели, может загрязнять воздух. В зависимости от содержания, атмосферное загрязнение делится на пылевое и газовое. Всемирная организация здравоохранения классифицирует воздух как загрязнённый, если его химический состав негативно влияет на здоровье людей, животных, растений, а также на другие компоненты окружающей среды, такие как вода и почва. Загрязнение воздуха является наиболее опасным видом загрязнений, поскольку оно может распространяться на большие территории, затрагивая практически все элементы природы.

Основные источники загрязнения воздуха:

- индустриализация и растущее население,
- энергетическая отрасль,
- транспортная индустрия,
- природные источники.

Растущий спрос на энергию сделал сжигание углеводородов главным источником загрязнения атмосферы антропогенного происхождения.

Чем загрязнен воздух?

Наиболее опасными загрязнителями атмосферы являются:

- диоксид серы (SO₂),
- оксиды азота (NO_x),
- летучие органические соединения (бензапирен),
- окись углерода (CO),
- диоксид углерода (CO₂),
- тропосферный озон (O₃),
- свинец (Pb),
- взвешенная пыль.

Антропогенные источники загрязнения воздуха включают:

- выбросы на малых высотах,
- химическая конверсия топлива,
- добыча и транспортировка сырья,
- химическая промышленность,
- перерабатывающая промышленность,
- металлургическая промышленность,
- производство цемента,
- свалки для сырья и отходов,
- моторизация.

Природные источники загрязнения воздуха:

- извержения вулканов,
- химическое выветривание горных пород,
- лесные и степные пожары,
- молнии,
- космическая пыль,
- биологические процессы.

Человек в основном вдыхает загрязнённый воздух во время процесса дыхания, что приводит к развитию различных заболеваний дыхательной системы, аллергических реакций и проблем с репродуктивной функцией. В бытовой жизни людей загрязнённый воздух вызывает коррозию металлов и строительных материалов. Это также отрицательно сказывается на растительности, нарушая такие процессы, как фотосинтез, транслокация и дыхание. Загрязнение воздуха ухудшает качество воды и почвы. В мировом масштабе загрязнённый воздух влияет на изменение климата и повышает кислотность питьевой воды, что приводит к увеличению содержания таких металлов, как свинец, медь, цинк, алюминий и кадмий в воде, поступающей в жилища. Вода с повышенной кислотностью разрушает водопроводные системы, вымывая из них токсичные вещества.

Существует три основных категории источников выбросов в атмосферу:

- Точечные — это главным образом крупные промышленные предприятия, которые выделяют пыль, диоксид серы, оксид азота, оксид углерода, и тяжелые металлы.
- Площадные (рассеянные) — сюда относятся домашние котлы и печи, локальные котельные и небольшие промышленные предприятия, выпускающие пыль и диоксид серы.
- Линейные — это протяжённые источники выбросов, ответственные за выбросы оксидов азота и углерода, ароматических углеводородов и тяжелых металлов (в прошлом свинца из этилированного бензина, ныне — платины, палладия и родия из автомобильных катализаторов).

Воздействие загрязнения атмосферы включает следующие аспекты:

- Кислотные осадки — выпадения с низким уровнем pH, включающие серную кислоту, образованную в атмосфере из-за оксидов серы от сжигания сульфатированного угля, и азотную кислоту, образованную из оксидов азота.

- Смог – загрязнённый воздух с высокой концентрацией пыли и токсичных веществ, главным образом происходящий от автомобильных выхлопов и промышленных выбросов.

- Неприятные запахи – результат присутствия в воздухе загрязнителей, которые раздражают органы обоняния. Вонь часто представляет собой комплекс различных соединений в малых количествах, и её влияние на здоровье человека зачастую психосоматическое.

- Озоновые дыры – снижение концентрации озона на высоте 15-20 км, преимущественно над Южным полюсом, наблюдаемое с конца 1980-х годов. Темпы падения составляют около 3% в год. Главная причина – хлорфторуглеводороды (фреоны), из которых выделившийся хлор, под воздействием ультрафиолетового излучения, разрушает молекулы озона, что приводит к образованию кислорода и оксида хлора.

- Парниковый эффект – явление, при котором атмосферные газы, известные как парниковые, увеличивают температуру планеты за счёт ограничения теплового излучения от её поверхности и нижних слоёв атмосферы в космос.

- Загрязнение воздуха от автотранспорта отвечает за приблизительно четверть смертей в крупных мегаполисах.

1.2 Загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

Климат в Санкт-Петербурге благоприятно выделяет город среди других крупных населенных пунктов как внутри России, так и за её пределами по условиям рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Одним из таких факторов является высокая относительная влажность воздуха, которая присутствует в городе круглый год. Эта влажность способствует процессу коагуляции твердых частиц, что ускоряет их оседание и снижает их концентрацию в городском воздухе [3].

Однако следует учитывать, что взвешенные частицы остаются одними из главных загрязнителей атмосферы Санкт-Петербурга, выбрасываемых как стационарными, так и передвижными источниками. Данный факт подтверждается результатами мониторинга качества воздуха, представленных на рисунке 1.

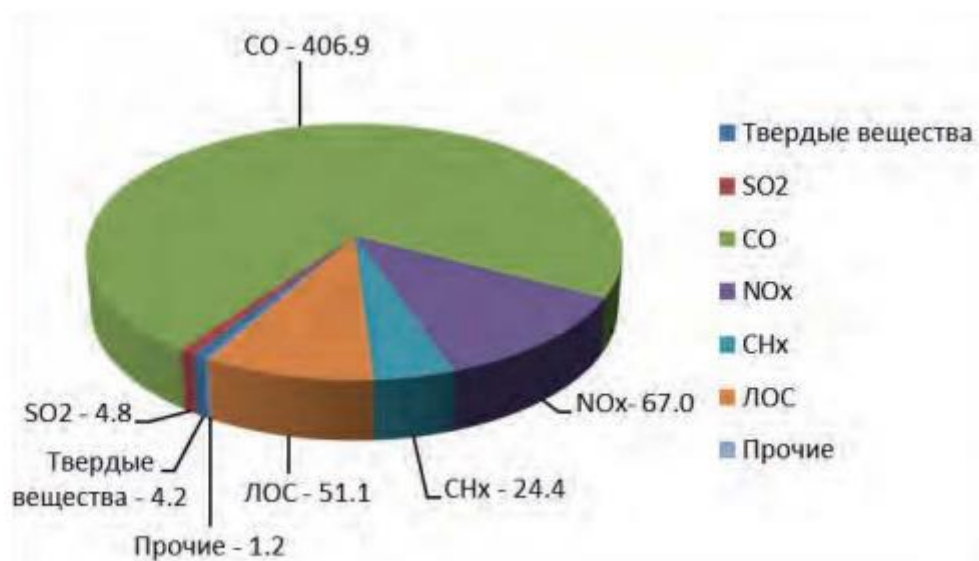


Рисунок 1. Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Санкт-Петербурга в 2017 г.

Данные получены при помощи стационарных постов Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБОУ «Северо-Западное УГМС») и автоматизированной системы АСМ-АВ, включающей более 20 станций, расположенных во всех 18 административных районах города.

Согласно отчетам Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), в августе, сентябре и октябре 2021 года в Санкт-Петербурге был зафиксирован повышенный уровень загрязнения воздуха. Это заключение основано на анализе проб, собранных с

стационарных постов, контролирующих содержание вредных веществ в атмосфере.

Мониторинг состояния и уровня загрязнения воздуха в Санкт-Петербурге осуществляется следующими организациями:

1. ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (государственная наблюдательная сеть) — 9 постов воздушного наблюдения, расположенных в Василеостровском, Калининском, Красногвардейском, Красносельском, Московском, Петроградском, Фрунзенском и Центральном районах города.

2. Комитет с использованием автоматизированной системы мониторинга (территориальная система наблюдения) — 25 автоматизированных станций контроля загрязнения воздуха, размещённых по всему городу.

Важным аспектом, который следует учитывать при анализе состояния атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге, является влияние метеорологических условий на рассеивание загрязняющих веществ. Помимо высокой относительной влажности, важную роль играют такие факторы, как скорость и направление ветра, температура воздуха и наличие атмосферных осадков. Эти параметры влияют на вертикальное и горизонтальное перераспределение загрязнителей, что в значительной степени определяет уровень их концентрации в различных частях города.

Особое внимание необходимо уделять передвижным источникам загрязнения, таким как автотранспорт, который является значительным вкладчиком в общий уровень загрязнения воздуха. В городских условиях, где плотность движения очень высока, выбросы от автотранспорта приводят к формированию локальных зон повышенного загрязнения, особенно в час пик и вблизи перекрестков с интенсивным движением. Мониторинг данных зон помогает выявлять наиболее проблемные участки для последующей эколого-градостроительной оптимизации.

Для целей улучшения качества атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге важно развивать и модернизировать существующие программы экологического мониторинга. Внедрение инновационных технологий, таких как интеллектуальные системы анализа данных и модели распространения загрязняющих веществ, позволит более точно прогнозировать влияние различных факторов на состояние воздуха. Также следует усиливать меры по контролю выбросов со стороны как стационарных, так и передвижных источников, разрабатывать и внедрять эффективные методы фильтрации и утилизации.

В заключение, улучшение показателей чистоты воздуха требует комплексного подхода, включающего как технические, так и организационные мероприятия. Это включает в себя строгий контроль за выбросами, развитие зеленых зон и парков, а также информирование и привлечение к решению проблемы широкой общественности. Только совместными усилиями возможно добиться значительных улучшений в состоянии атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге, что положительно скажется на здоровье и качестве жизни его жителей [4].

Автоматические станции мониторинга фиксируют следующие основные загрязнители:

- оксид азота (NO);
- диоксид азота (NO₂);
- оксид углерода (CO);
- диоксид серы (SO₂);
- озон (O₃);
- взвешенные частицы диаметром менее 10 мкм (PM₁₀);
- взвешенные частицы диаметром менее 2.5 мкм (PM_{2.5}).

Качество и количество измеряемых параметров зависят от назначения станции и утверждённой программы мониторинга. Количество фиксируемых веществ варьируется: от нескольких для оценки влияния автотранспорта до

пятнадцати на станциях, таких как станция № 8 в Приморском районе, и станция № 19 в Красносельском районе, где дополнительно измеряются:

- бензол, толуол, этилбензол, о-ксилол, м-ксилол, п-ксилол, фенол;
- взвешенные частицы диаметром менее 2,5 мкм (PM_{2.5}), взвешенные частицы диаметром менее 10 мкм (PM₁₀) и общая пыль;
- также производится отбор проб на содержание бензапирена для последующего анализа в аккредитованной лаборатории.

В среднем автоматическими станциями круглосуточно и круглый год регистрируется 4-6 типов загрязнителей. За один год на стационарных станциях совершается примерно 3 миллиона измерений [5].

Автоматические станции мониторинга обеспечивают постоянное отслеживание уровней загрязнителей и играют ключевую роль в защите окружающей среды и здоровья населения. Полученные данные позволяют создавать подробные временные ряды концентраций загрязняющих веществ, что помогает экспертам в области экологии и здравоохранения анализировать долгосрочные тенденции и выявлять конфиденциальные периоды повышенного загрязнения.

Эти станции не только фиксируют текущие уровни загрязнения, но и создают базу данных для дальнейших исследований и разработок. На основе собранной информации можно разрабатывать целевые программы по снижению загрязнения, оптимизировать транспортные потоки для уменьшения выбросов и корректировать градостроительные планы. Например, удивительным образом влияют на показатели загрязненности концентрация транспорта в разных районах города и погодные условия.

Пробоем отбор на содержание вещества таких как бензопирен и другие углеводороды особенно важен, так как их присутствие в атмосфере является серьезным сигналом о наличии опасных источников загрязнения. Современные технологии автоматических станций мониторинга позволяют проводить такие измерения более точно и оперативно, предоставляя данные

для немедленного реагирования и разработки стратегий по очищению воздуха.

Организация и интерпретация данных, получаемых с автоматических станций мониторинга, требует высокой квалификации и опыта, а своевременное и точное информирование общественности и властей помогает минимизировать риски для здоровья и окружающей среды. Эти станции являются важным элементом комплексной системы экологического мониторинга, обеспечивая основу для эффективного принятия решений и реализации природоохранных мероприятий в условиях меняющегося климата и увеличивающейся антропогенной нагрузки.

1.3 Негативное влияние загрязнения воздуха на организм человека

В организм человека вредные вещества из атмосферы могут проникать двумя основными путями:

1. Непосредственный путь — через дыхательную систему.
2. Опосредованный путь — через пищевые продукты. Вредные вещества из воздуха оседают в воде и почве, что приводит к их включению в пищевую цепочку или инфицированию растений.

Загрязненный воздух оказывает вредное воздействие на организм человека, особенно страдая от этого дыхательная система и сердечно-сосудистая система [6].

Сегодня установлена прямая зависимость между загрязненной атмосферой и возникновением следующих заболеваний:

- Бронхиты;
- Астма;
- Атеросклероз;
- Инсульты;
- Рак легких.

Кроме вышеперечисленных заболеваний, загрязненный воздух также способствует возникновению хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Частицы загрязняющих веществ, такие как твердые частицы (ТЧ), оксиды азота и серы, проникают глубоко в легкие, вызывая воспаление и повреждение альвеол, что ведет к снижению дыхательной функции и постоянной одышке. Организму становится труднее переносить кислород к тканям, что усугубляет состояние пациентов, страдающих от сердечно-сосудистых заболеваний.

Не менее важно отметить воздействие загрязненного воздуха на детское здоровье. Дети, чьи дыхательные системы и иммунитет находятся в процессе формирования, особенно уязвимы к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Длительное пребывание в условиях загрязненной атмосферы может привести к снижению функции легких, развитию бронхиальной астмы и даже к задержке физического развития. Это связано с тем, что мельчайшие частицы загрязнителей легко проникают в дыхательные пути детей, вызывая хронические воспалительные процессы.

Помимо прямого воздействия на дыхательную и сердечно-сосудистую системы, загрязнители воздуха могут влиять и на нервную систему человека. Исследования показывают, что длительное воздействие высоких уровней загрязнения воздуха может быть связано с ухудшением когнитивных функций, развитием нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, и повышением риска депрессии и тревожных расстройств. Токсичные вещества, поступающие в организм через дыхательную систему, могут проникать через гематоэнцефалический барьер, вызывая воспаление и повреждение нейронов [7].

1.4 Пути решения проблемы загрязнения воздуха

Если в вашем городе нет больших производств и не ведется никакая добывающая деятельность, это еще не значит, что воздух чистый и проблема вас не касается. Воздушные массы не остаются на месте, для них нет границ, в том числе политических и экономических. Они перемещаются, а значит, проблема загрязнения воздуха — наша общая. Рассмотрим меры, которые принимаются для того, чтобы мы и дальше могли наблюдать яркое солнце и чистое небо не через серую пленку [8].

Одним из важнейших направлений в борьбе с загрязнением воздуха является внедрение инновационных технологий и практика "зеленой экономики". Это включает в себя развитие и поддержку возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергетика, что позволяет существенно сократить использование ископаемых видов топлива, являющихся основными источниками выбросов. Программы субсидирования и налоговые льготы для бизнеса, переходящего на экологически чистые технологии, также играют важную роль в стимулировании этого процесса.

На мировом уровне

Вопросами, касающимися защиты природы и сопутствующими, занимается организация ЮНЕП – программа ООН по окружающей среде. Кроме того, этой большой теме уделяют международные организации, такие как ВОЗ. Вот какие способы они предлагают [9].

1. Международные стратегии

Представители различных государств регулярно собираются на конференциях и форумах для обсуждения актуальных проблем и поиска решений. Это способствует определению приоритетов и объединению усилий. В частности, осуществляется финансирование через фонд коалиции за климат и чистый воздух (Climate and Clean Air Coalition — CCAC),

который распределяет средства на реализацию проектов по снижению выбросов и инновационным разработкам.

2. Статистика и определение нормативов

На мировом уровне это необходимая мера для контроля за загрязнением воздуха в разных странах, сравнения их показателей и корреляции с рисками, такими как заболеваемость и смертность. В этой области важно взаимодействие между разными организациями (ЮНЕП, ВОЗ и другими), государствами и бизнесом.

3. Международные акции

В 2021 году в календаре праздников появилось новое событие — 7 сентября отмечается Международный день чистого воздуха ради голубого неба. Это даёт возможность привлечь внимание общества к проблемам загрязнения и вновь напомнить о рисках, чтобы попытаться найти новые пути их решения.

На государственном уровне

Каждое государство должно быть заинтересовано в создании на своей территории благоприятных условий для жизни, включая обеспечение чистоты воздуха [10].

1. Стандарты качества воздуха

Предполагается, что в каждой стране необходимо разработать собственные стандарты. Вдобавок, существующие нормы следует периодически обновлять. Существенно важно создать механизм контроля и наказаний за несоблюдение этих норм.

2. Использование «зеленого» топлива

ООН рекомендует государствам отказаться от автомобилей, работающих на бензине и дизельном топливе, в пользу электромобилей и водородных транспортных средств без углерода. Большинство автопроизводителей уже начали выпуск таких машин, и разные страны постепенно внедряют их. Тем не менее, электромобили не являются

полностью экологичными: их производство, генерация «грязного» электричества, а также создание и утилизация аккумуляторов наносят вред окружающей среде.

3. Политика в области отходов

На сегодняшний день полигоны твердых коммунальных отходов занимают огромные площади и вызывают множество проблем, включая загрязнение воздуха. Власти предпринимают шаги по рекультивации старых свалок, сокращению отходов и их переработке. В России, еще недавно немыслимо было увидеть контейнеры для различных видов отходов во дворах. Теперь повсеместно организовываются пункты приема, экоцентры и волонтерские акции по сбору вторсырья.

4. Озеленение территорий

Из школьного курса биологии мы знаем, что растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород, являясь природными «фильтрами» для пыли и летучих веществ. В связи с этим, важно высаживать зелень в городах, особенно в новых районах.

На уровне производств

Промышленные предприятия и сельское хозяйство — основные источники загрязнения воздуха. Власти и общественность требуют от производителей соблюдения высоких экологических стандартов.

1. Снижение выбросов

Для этого предпринимаются меры по улучшению технологических процессов, герметизации оборудования и внедрению систем очистки.

2. Эффективное сельскохозяйственное производство

Сельское хозяйство, в частности молочное животноводство, является крупным источником метана, который составляет значительную часть общего углеродного следа.

3. Рациональная утилизация отходов

Любое производство создает много отходов, которые раньше отправляли на полигоны или сжигали. Сегодня применяется принцип оценки жизненного цикла, предусматривающий циклическое управление производственными процессами от добычи сырья до утилизации отходов, придавая им вторичное использование.

На бытовом уровне:

- Управление отходами;
- Посадка зелёных насаждений;
- Использование велосипедов вместо автомобилей;
- Экологичные загородные дома.

2 Метеорологические параметры, влияющие на качество атмосферного воздуха

Атмосфера и окружающая среда обладают естественной способностью к самоочищению. Вредные вещества, попадая в воздух от человеческой деятельности, оседают на поверхностях зданий, растительности и почвы, смываются дождем и перемещаются на большие расстояния. Эти процессы происходят благодаря ветру и зависят от температуры воздуха, солнечного облучения, атмосферных осадков и других метеорологических факторов. Под воздействием этих факторов уровень загрязнения воздуха может значительно колебаться [11].

2.1 Температура воздуха

На накопление и распространение загрязняющих веществ в атмосфере существенное влияние оказывает температурный режим, включающий такие характеристики, как температура воздуха, вертикальное распределение температуры, наличие и параметры инверсий, а также сумма активных температур за вегетационный период.

Между температурой воздуха и степенью его загрязнения существует связь, обусловленная расходом топлива на отопление. Например, зимой, с увеличением потребления топлива для отопления зданий, увеличиваются и выбросы загрязняющих веществ от котельных, что приводит к повышению концентрации вредных веществ в воздухе. В крупных мегаполисах множество источников выделения тепла превращают их в своеобразные "тепловые острова", особенно выраженные в зимние месяцы. Это существенно влияет на процесс рассеивания вредных веществ в атмосфере города.

Обычно, в городах по сравнению с пригородами более высокая температура воздуха приводит к возрастанию концентрации загрязняющих веществ. Как показывают многочисленные исследования, в населенных пунктах с числом жителей свыше миллиона, температура воздуха в среднем на 1-2 градуса Цельсия выше, чем в окружающих районах. Эта температурная разница варьируется в зависимости от времени суток и сезона года: она заметнее ночью и летом, чем днем и зимой.

При этом существенное влияние на температурные различия оказывают облачность и скорость ветра. При увеличении облачности и скорости ветра температурное различие уменьшается. Когда небо покрыто сплошной низкой облачностью и скорость ветра превышает 10-12 м/с, температурные различия практически исчезают [12].

2.2 Влажность воздуха

Между влажностью воздуха и его загрязненностью существует определённая связь. По результатам исследований В. Фетта (1961), выявлено, что с повышением относительной влажности воздуха происходит увеличение концентрации загрязняющих веществ.

Загрязнение воздуха, при прочих равных условиях, будет зависеть от колебаний суточной и годовой относительной влажности. Минимальные значения влажности фиксируются примерно в 14-16 часов в суточном цикле и с мая по сентябрь в годовом цикле, а соответственно, минимальная концентрация примесей в воздухе будет наблюдаться в этих временных промежутках. Наибольшая влажность воздуха, как правило, регистрируется ночью и на рассвете в суточном цикле, а зимой в годовом цикле, что приводит к максимальному содержанию загрязняющих веществ в это время [13].

Изменение относительной влажности отражает температуру стратосферных условий: стабильные зимой и ночью, и нестабильные летом в дневное время, что влияет на интенсивность вертикального перемешивания воздуха. Взаимосвязь между концентрацией загрязняющих веществ и относительной влажностью воздуха чаще всего опосредована температурой. Так, например, при высокой относительной влажности, температура воздуха, как правило, ниже, что часто приводит к приземной инверсии, способствующей накоплению загрязняющих веществ в определённых слоях атмосферы [14].

2.3 Скорость и направление ветра

Ветер, в особенности его различные характеристики, играет ключевую роль в процессе накопления и распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Эти характеристики включают направление, повторяемость ветров разных направлений, скорость и продолжительность ветров различных скоростей. Также необходимо учитывать влияние рельефа местности, особенности стратификации атмосферы, локальную циркуляцию ветров и пути следования воздушных потоков.

Считается, что при определенной скорости ветра на установленной высоте достигается максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ от источника выброса. Эта опасная скорость ветра зависит от параметров выброса. Например, для мощных источников (таких как трубы теплоэлектростанций) она составляет 5-7 м/с, для металлургических предприятий — 2-4 м/с, а для химических производств, котельных и линейных источников — 1-2 м/с. В промышленном городе концентрация загрязнений обычно максимальна при скоростях ветра 0-1 м/с из-за выбросов от низких источников и при 4-6 м/с из-за выбросов с высоких точек. Поэтому

ветер, способный очистить воздух в городе и разрушить городской "остров тепла", должен иметь скорость не менее 6 м/с [15].

Слабые ветры способствуют повышению выбросов, из-за чего загрязняющие вещества могут не достигать земной поверхности, в то время как сильные ветры распределяют загрязнения на большие расстояния. Во время штиля могут подниматься перегретые выбросы от высоких точек, которые затем рассеиваются в верхних слоях атмосферы. Важно учитывать инверсию, которая препятствует подъему выбросов, увеличивая концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое.

Согласно РД 52.04.306-92 (1992), для различных городов и сезонов характерно снижение загрязнения воздуха при усилении ветра и устойчивой стратификации. При неустойчивой стратификации для основных источников выбросов пик загрязнения отмечается при скоростях ветра, близких к опасным значениям.

Когда наблюдается сочетание приземных инверсий температуры и малых скоростей ветра (0 - 1 м/с), происходит застой воздуха, что представляет особую опасность. Этот застой, определяемый РД 52.04.667-2005 (2005), усиливается при инверсии и слабом ветре.

Направление ветра значительно влияет на загрязнение воздуха в городе. Наибольшее увеличение концентрации загрязняющих веществ в отдельных районах города наблюдается при преобладании ветров, дующих со стороны промышленных объектов. Важно учитывать направления ветра, которые переносят загрязнения на плотно застроенные участки или на сложный рельеф. Особенности влияния направлений ветра зависят от множества факторов, таких как расположение и параметры источников выбросов, рельеф и местная циркуляция. Опасными считаются те направления ветра, которые способствуют распространению выбросов от множества источников.

3 Исследование влияния метеопараметров на концентрацию загрязняющих веществ на примере Санкт-Петербурга

3.1 Исследуемые территории

Для научного исследования были выбраны следующие районы Санкт-Петербурга:

Приморский район

Приморский район Санкт-Петербурга находится на правом берегу Невы в северо-западной части города. Этот район является одним из крупнейших по площади в городе (Рисунок 3.1). Его население составляет 699 243 человека, что ставит его на первое место в Петербурге по этому показателю. Территория района простирается на 109,87 км², занимая четвёртую позицию среди остальных районов города. Приморский район лидирует по количеству новостроек и уровню рождаемости, на него приходится 20% нового жилья, а за последний год рождаемость увеличилась на 9,3%. В рейтинге качества жизни он занимает четвёртое место среди 18 районов Санкт-Петербурга и лидирует по минимальному числу преждевременных смертей, являясь самым "здоровым" районом города.

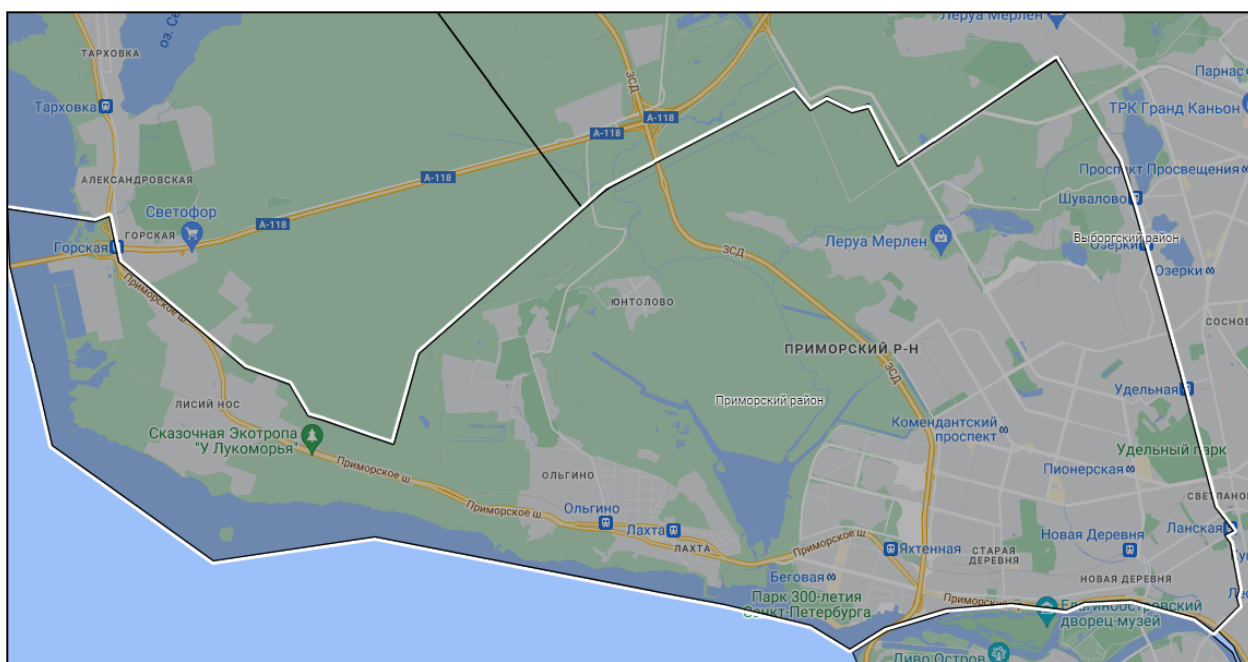


Рисунок 3.1 Приморский район на карте

Приморскому району на севере и востоке присущи рубежи, проходящие по территории Выборгского района, граничащие с Петроградской стороной по оси Кантемировского моста на запад и переходящие по реке Большой Невке до самого Финского залива. С Курортным районом рубеж пролегает по оси Горского ручья. В составе района находятся восемь муниципальных округов: округ № 65, Юнтолово, Озеро Долгое, Комендантский аэродром, Ланское, Коломяги, Лахта-Ольгино и Лисий Нос [16].

Колпинский район

Колпинский район расположен на юго-восточной окраине Санкт-Петербурга, простираясь вдоль реки Невы и Московского шоссе. Он разделяется рекой Ижорой на две части (рисунок 3.2). Занимая площадь в 105,6 квадратных километров, район имел население в начале 2019 года около 192 тысяч человек. При этом более 77% жителей сосредоточено в Колпино, свыше 14% - в поселке Металлострой, а оставшиеся – в поселках Понтонный, Саперный, Петро-Славянка и Усть-Ижора.

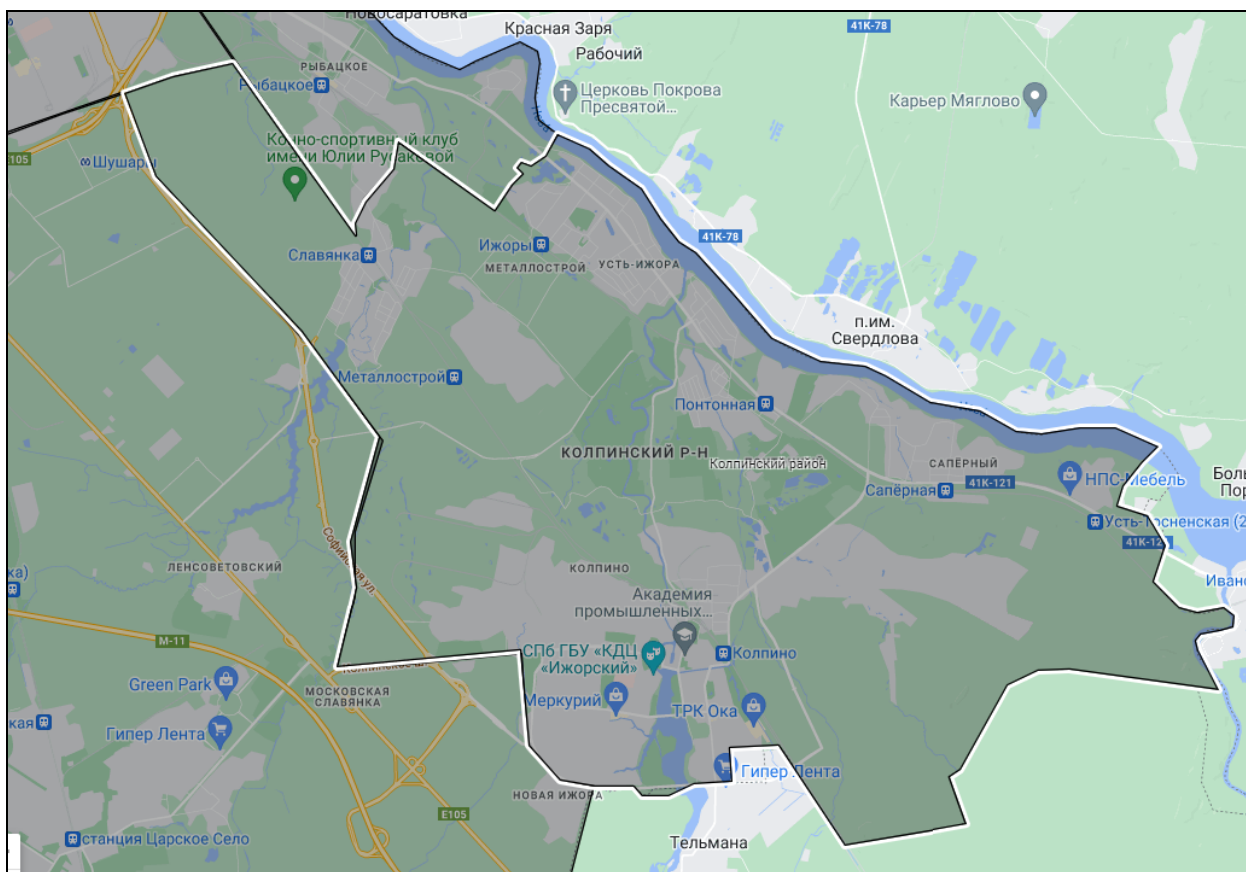


Рисунок 3.2 Колпинский район на карте

Граничит Колпинский район с Пушкинским, Фрунзенским и Невским районами Санкт-Петербурга, а также с Кировским, Тосненским и Всеволожским районами Ленинградской области [17].

3.2 Исследуемые загрязняющие вещества

Для исследования были выбраны следующие вещества:

1. Диоксид азота (NO_2) представляет собой неорганическое соединение азота и кислорода, являющееся токсичным газом красно-коричневого оттенка с резким неприятным запахом или жидкостью

желтоватого цвета. Это соединение, отнесенное к классу опасности 3, раздражает глаза, кожу и дыхательные пути. При высоких концентрациях может вызывать отек горла и асфиксию. Вдыхание газа или его паров способно привести к отеку легких [18].

2. Оксид углерода (CO), также известный как угарный газ, является широко распространенным загрязнителем атмосферы и содержится в выхлопных газах и дымовых выбросах от сжигания органического топлива, включая двигатели внутреннего сгорания. Имея класс опасности 4, при высоких уровнях концентрации этот газ нарушает транспортировку кислорода кровью к тканям, вызывает сосудистые спазмы, и снижает иммунологическую активность человека. Попадая в кровь, он увеличивает содержание сахара и ухудшает снабжение сердечной мышцы кислородом [19].

3. Озон (O_3) – это аллотропная форма кислорода, состоящая из трехатомных молекул, и при нормальных условиях он является голубым газом. В приземных слоях атмосферы озон образуется благодаря фотохимическим реакциям с участием оксидов азота и летучих углеводородов из автомобильных выхлопов и промышленных выбросов. Озон вызывает раздражение дыхательных путей, кашель и дискомфорт в груди, эти симптомы могут длиться несколько часов и переходить в болезненную фазу. Он ухудшает функцию легких, способствует развитию и учащению приступов астмы, вызывает аллергии и может приводить к хроническим изменениям в легочной ткани при повторном воздействии. Обостряет бронхит и эмфизему и значительно снижает иммунитет. Класс опасности – 1 [20].

4. Взвешенные частицы (PM_{10}) – это частицы, которые проходят через устройство селекции, отсекающее частицы с диаметром более 10 мкм. Опасность этих частиц заключается в их взаимодействии с другими соединениями, такими как оксид углерода, углеводороды, альдегиды,

оксид серы, сажа, бенз/а/пирен и оксиды азота, образуя более устойчивые и вредные соединения [21].

3.3 Анализ средних значений загрязняющих веществ

В рамках исследования проанализированы средние уровни загрязнения воздуха. Среднесуточные концентрации были получены из открытых данных с официального экологического сайта Санкт-Петербурга [22; 23].

Выбор значений осуществлялся для следующих автоматических станций, контролирующих уровень загрязняющих веществ:

- Станция № 2, расположенная по адресу: г. Колпино, Красная ул., 1а
- Станция №8, находящаяся по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, 23

На основе этих данных были построены графики распределения концентраций CO , NO_2 , O_3 и PM_{10} за весенний (март, апрель, май) и осенний (сентябрь, октябрь, ноябрь) периоды 2023 года для указанных территорий.

На рисунках 3.3.1, 3.3.2 и 3.3.3 изображены графики распределения уровней загрязняющих веществ за весенний период 2023 года для станции № 8, с разбивкой по месяцам:

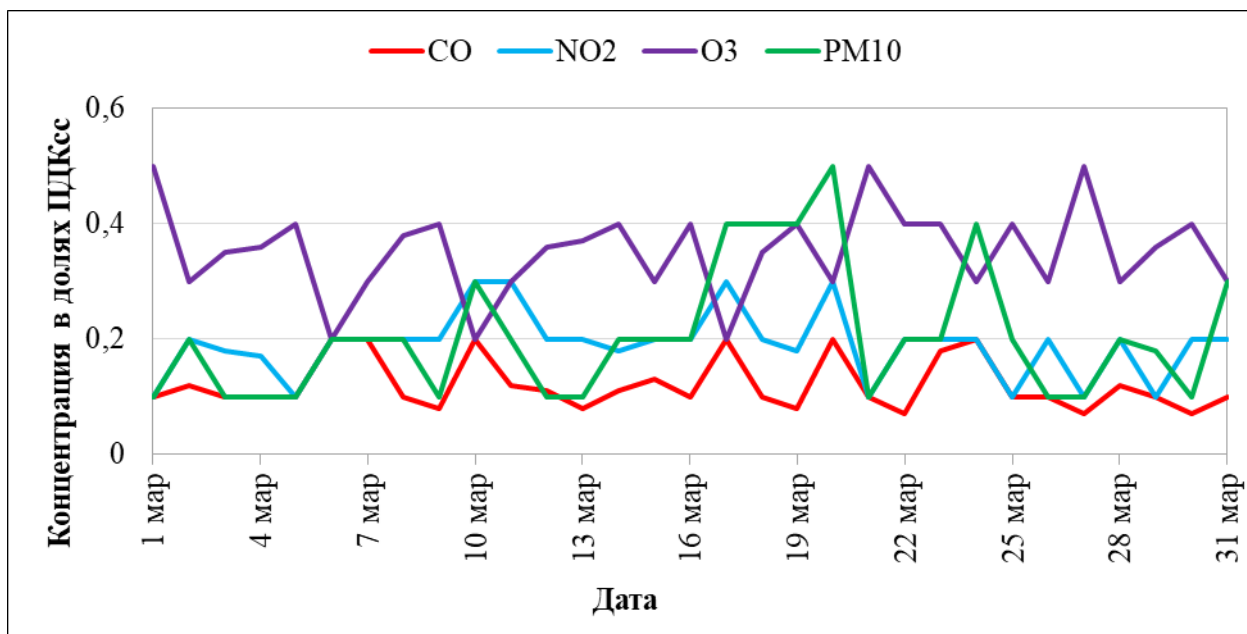


Рисунок 3.3.1 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за март месяц 2023 г для станции №8

В течение марта 2023 года содержание угарного газа в воздухе находилось в пределах установленных нормативов, с максимальной концентрацией 0,2 ПДКсс и минимальной 0,1 ПДКсс.

Уровень диоксида азота (NO₂) в этот период достигал максимальных значений в 0,3 ПДКсс, а минимальная концентрация составила 0,1 ПДКсс.

В дни 1, 21 и 27 марта фиксировались максимальные концентрации озона (O₃) достигая 0,5 ПДКсс. Минимальные значения озона были зарегистрированы (7, 10 и 17 марта) и равнялись 0,2 ПДКсс. В течение марта содержание частиц PM₁₀ не превышало среднесуточной предельно-допустимой концентрации, с максимальным показателем 0,5 ПДКсс и минимальным — 0,1 ПДКсс.

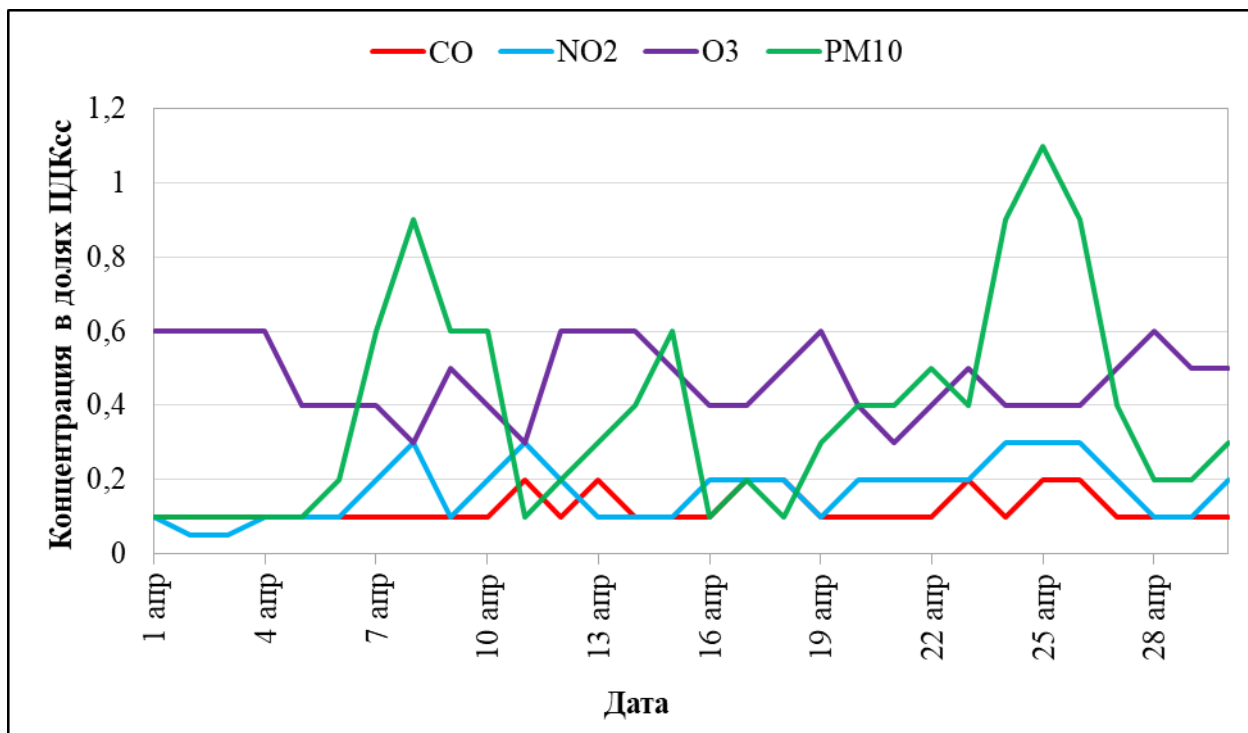


Рисунок 3.3.2 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за апрель месяц 2023 г для станции №8

В апреле 2023 года концентрация угарного газа (CO) в воздухе соответствовала предельно допустимым концентрациям для среднесуточной нормы (ПДКсс). Наибольшее измеренное значение составляло 0,2 ПДКсс, а наименьшее — 0,1 ПДКсс.

Концентрация диоксида азота (NO₂) достигла максимума в 0,3 ПДКсс, а его минимальное значение составило 0,1 ПДКсс.

Весь апрель уровень озона (O₃) в воздухе оставался в пределах среднесуточных предельно - допустимых значений концентрации, с максимальным значением 0,6 ПДКсс и минимальным 0,3 ПДКсс.

Концентрация твёрдых частиц (PM₁₀) за этот период заметно превысила нормативы ПДКсс, с максимальным значением, достигнутым (25 апреля), равным 1,1 ПДКсс и минимальным значением 0,1 ПДКсс.

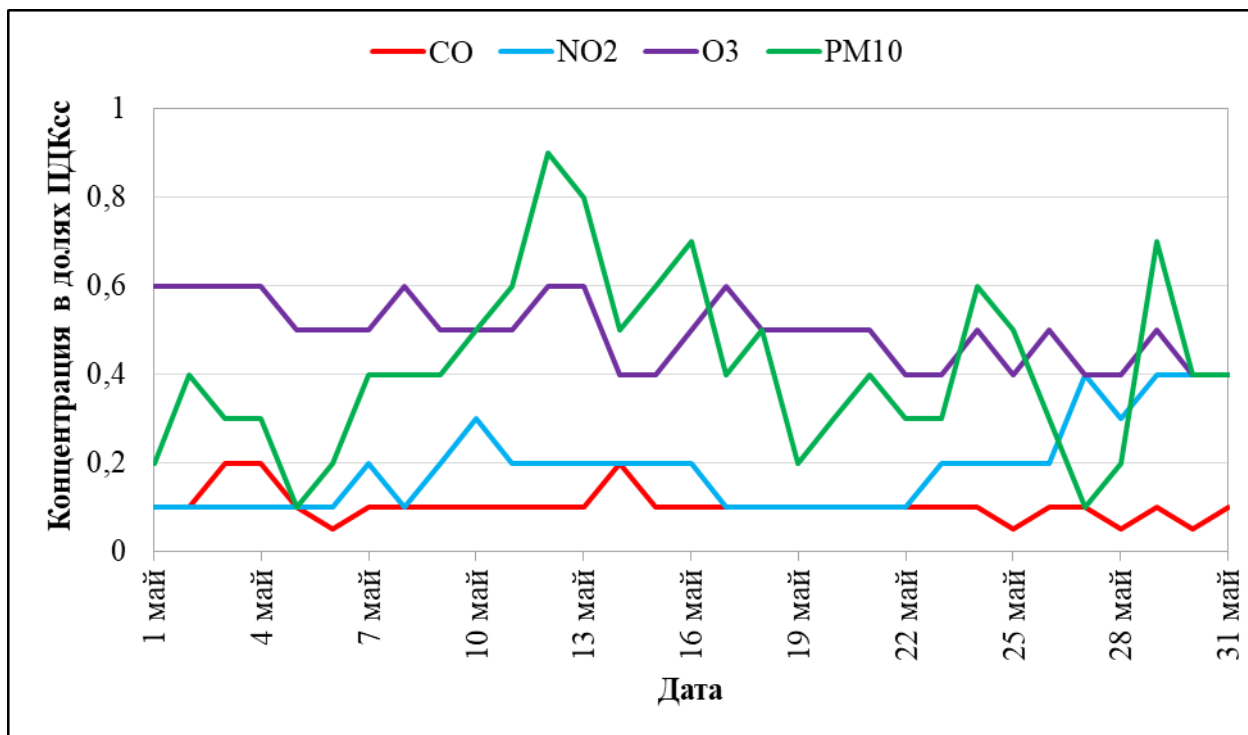


Рисунок 3.3.3 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за май месяц 2023 г для станции №8

В течение мая уровень содержания CO в воздухе соответствовал нормам ПДКсс на протяжении всего периода. Максимальная концентрация достигла 0,2 ПДКсс, а минимальная составила 0,05 ПДКсс.

Что касается NO₂, максимальная концентрация этого вещества в мае достигла 0,4 ПДКсс. Минимальная концентрация NO₂ была зафиксирована на уровне 0,1 ПДКсс.

Весь месяц уровни озона (O₃) в атмосферном воздухе оставались низкими; максимальная концентрация достигала 0,6 ПДКсс, а минимальная – 0,4 ПДКсс.

Концентрация PM₁₀ в воздухе в течение мая не превышала нормы ПДКсс (0,5). Наибольшие значения концентрации PM₁₀ были зафиксированы (12 мая) и составляли 0,9 ПДКсс, в то время как наименьшие значения, равные 0,1 ПДКсс, были зарегистрированы (5 и 27 мая).

На рисунке 3.3.4 показано распределения загрязняющих веществ за весенний период 2023 года для станции № 8 Санкт-Петербурга по всем месяцам соответственно:

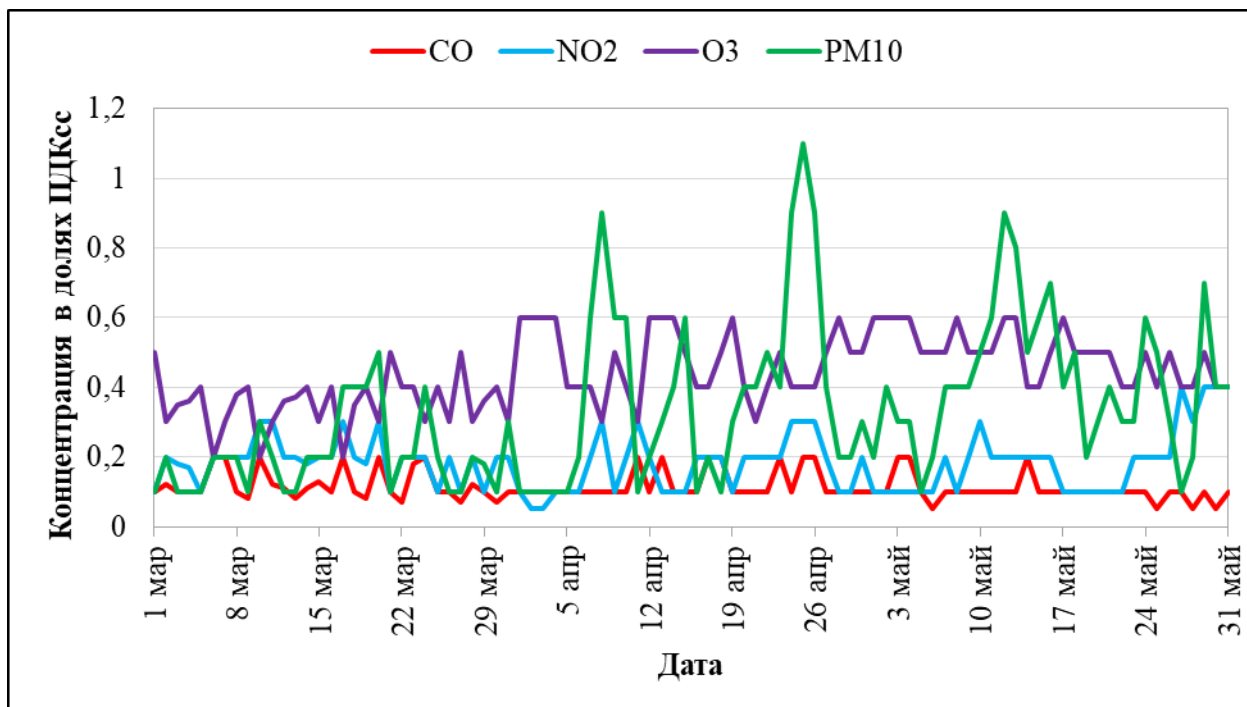


Рисунок 3.3.4 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за весну 2023 г для станции №8

Весной 2023 года на станции №2 уровень угарного газа находился в пределах нормы. Наибольшее зафиксированное значение достигло 0,2 ПДКсс, а наименьшее – 0,05 ПДКсс.

В течение всего весеннего периода концентрация диоксида азота (NO₂) не превышала допустимые нормы, достигая максимума в 0,3 ПДКсс во все месяцы сезона.

Уровень озона (O₃) в атмосфере также не выходил за границы ПДКсс, при этом самые низкие показатели, равные 0,2 ПДКсс, регистрировались лишь в марте.

Содержание взвешенных частиц (PM₁₀) оказалось выше ПДКсс (8 апреля), достигнув максимума со значением 1,1 ПДКсс, а его минимальная концентрация составила 0,1 ПДКсс.

Графики распределения загрязняющих веществ за осенние месяцы 2023 года для станции №8 Санкт-Петербурга показаны на рисунках 3.3.5, 3.3.6 и 3.3.7.

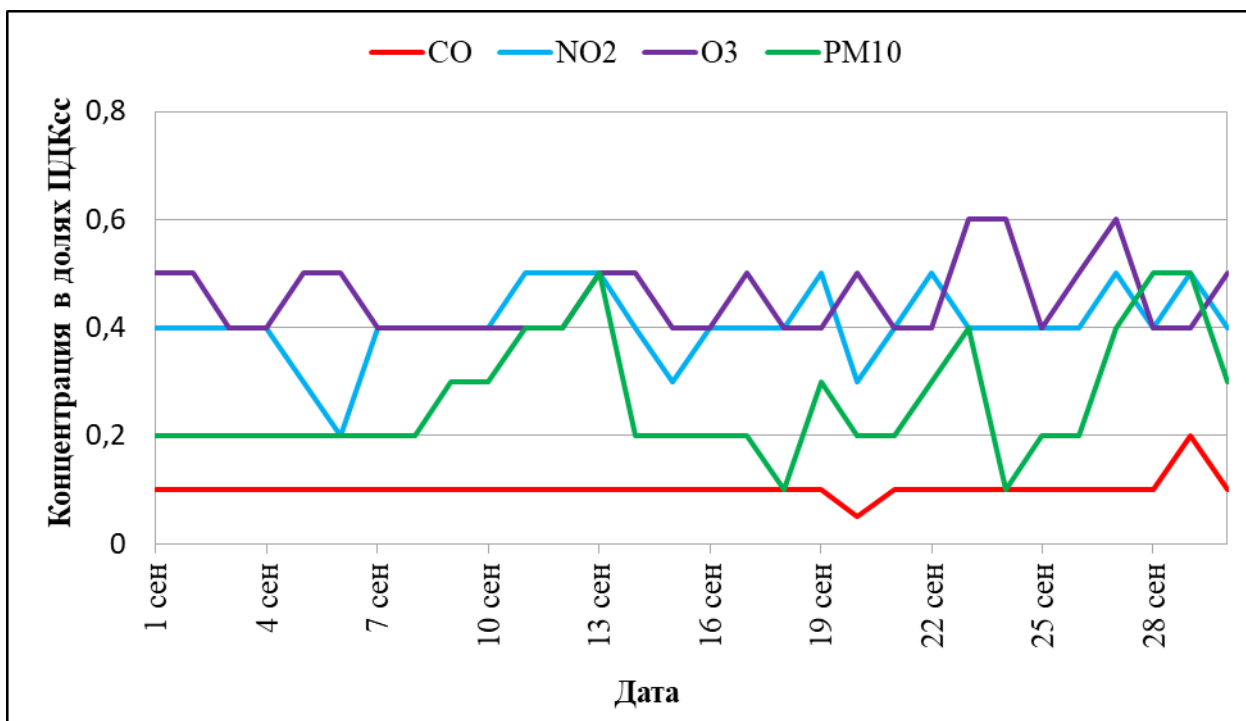


Рисунок 3.3.5 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за сентябрь 2023 г для станции №8

В сентябре концентрация угарного газа оставалась в пределах допустимых значений, где наибольшее зафиксированное значение составило 0,2 ПДКсс, а наименьшее – 0,05 ПДКсс.

Что тогда же касается диоксида азота, его максимальная концентрация достигала 0,5 ПДКсс. Минимальное значение для NO₂ было отмечено (6 сентября) и составило 0,02 ПДКсс.

В сентябре 2023 года уровень озона (O₃) не превышал допустимый среднесуточный предел. Самые высокие показатели озона наблюдались (23, 24 и 27 сентября), а минимальная концентрация зафиксирована на уровне 0,4 ПДКсс.

Концентрация твердых частиц (PM₁₀) также не превышала среднесуточную предельно-допустимую концентрацию. В этом месяце

максимальная концентрация PM_{10} достигала 0,5 ПДКсс, в то время как минимальная составляла 0,1 ПДКсс.

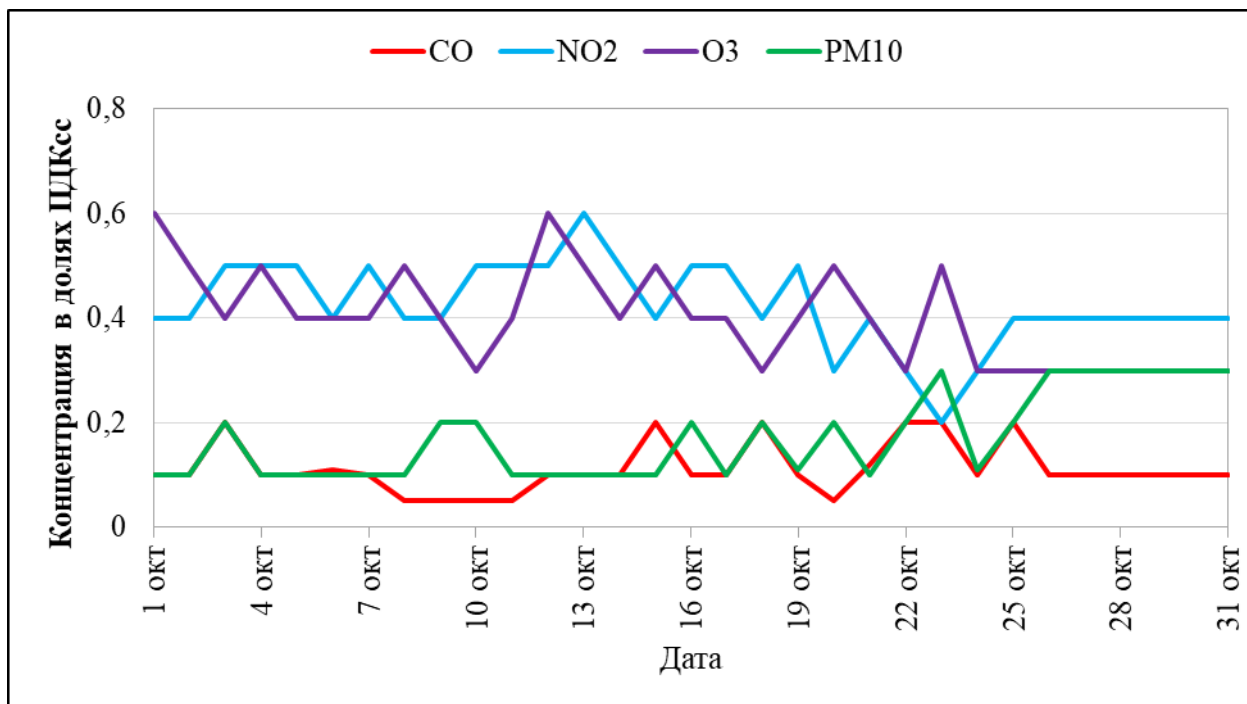


Рисунок 3.3.6 График распределения CO , NO_2 , O_3 и PM_{10} за октябрь 2023 г для станции № 8

В октябре уровень CO не превышал предельно допустимые концентрации для среднесуточных значений, колеблясь от минимальных показателей 0,05 ПДКсс, до максимальных 0,2 ПДКсс.

Что касается NO_2 , то его наибольшее значение составило 0,6 ПДКсс. Минимальное зафиксированное значение NO_2 — 0,2 ПДКсс — наблюдалось (23 октября).

12 октября уровень O_3 зафиксирован на максимальной отметке равной 0,6 ПДКсс. Наименьшая концентрация озона была в октябре — 0,3 ПДКсс.

Концентрации PM_{10} в течение месяца не превышали установленную среднесуточную предельно-допустимую концентрацию. Самая высокая концентрация PM_{10} , зарегистрированная (23 октября), составила 0,3 ПДКсс, в то время как минимальная оказалась равной 0,1 ПДКсс.

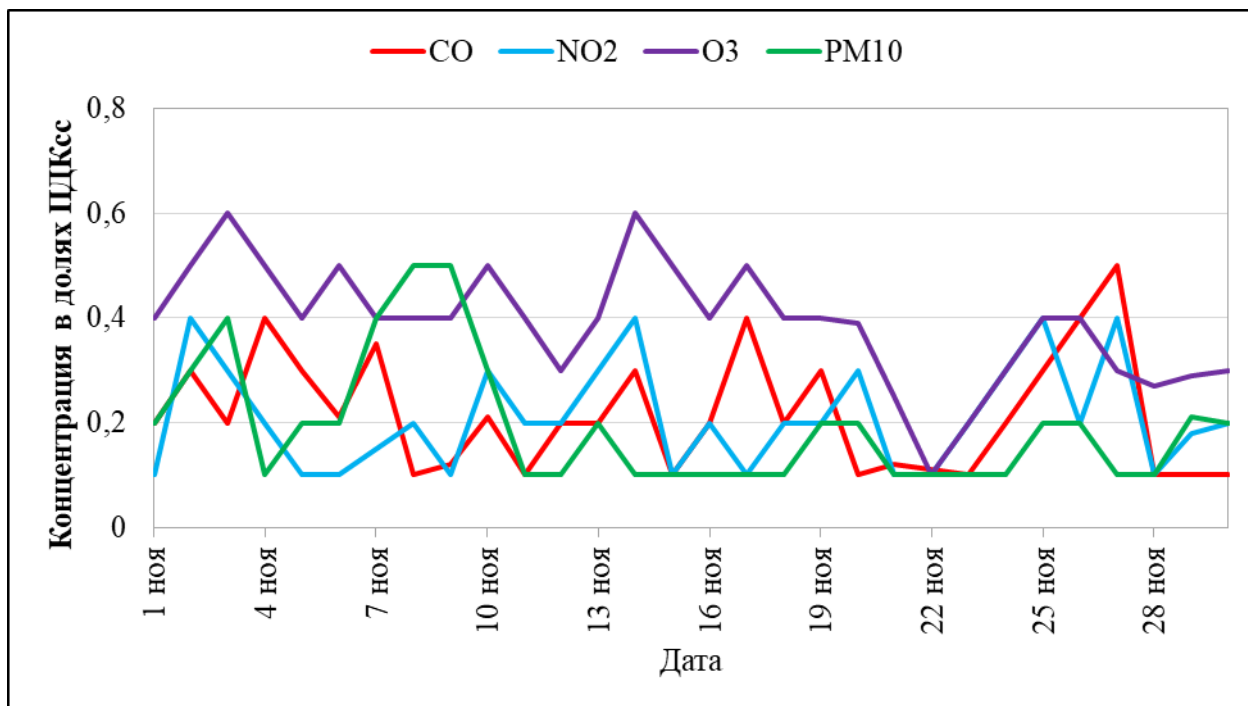


Рисунок 3.3.7 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за ноябрь 2023 г для станции №8

За ноябрь концентрация CO находилась в пределах допустимых значений ПДКсс, варьируясь от 0,1 ПДКсс, до максимума в 0,5 ПДКсс.

Для NO₂ самое высокое зафиксированное значение составило 0,4 ПДКсс. Минимальное значение составило 0,1 ПДКсс.

Концентрация O₃ не превысила допустимый среднесуточный предельно-допустимый уровень концентрации, с максимальным значением 0,6 ПДКсс (3 и 14 ноября), в то время как наименьшее значение O₃ было зарегистрировано (22 ноября) и оно составило 0,1 ПДКсс.

В ноябре уровень PM₁₀ не превышал среднесуточное предельно-допустимое значение концентрации, с максимальным значением (8 и 9 ноября) равным 0,5 ПДКсс, а его минимальное значение составляло 0,1 ПДКсс.

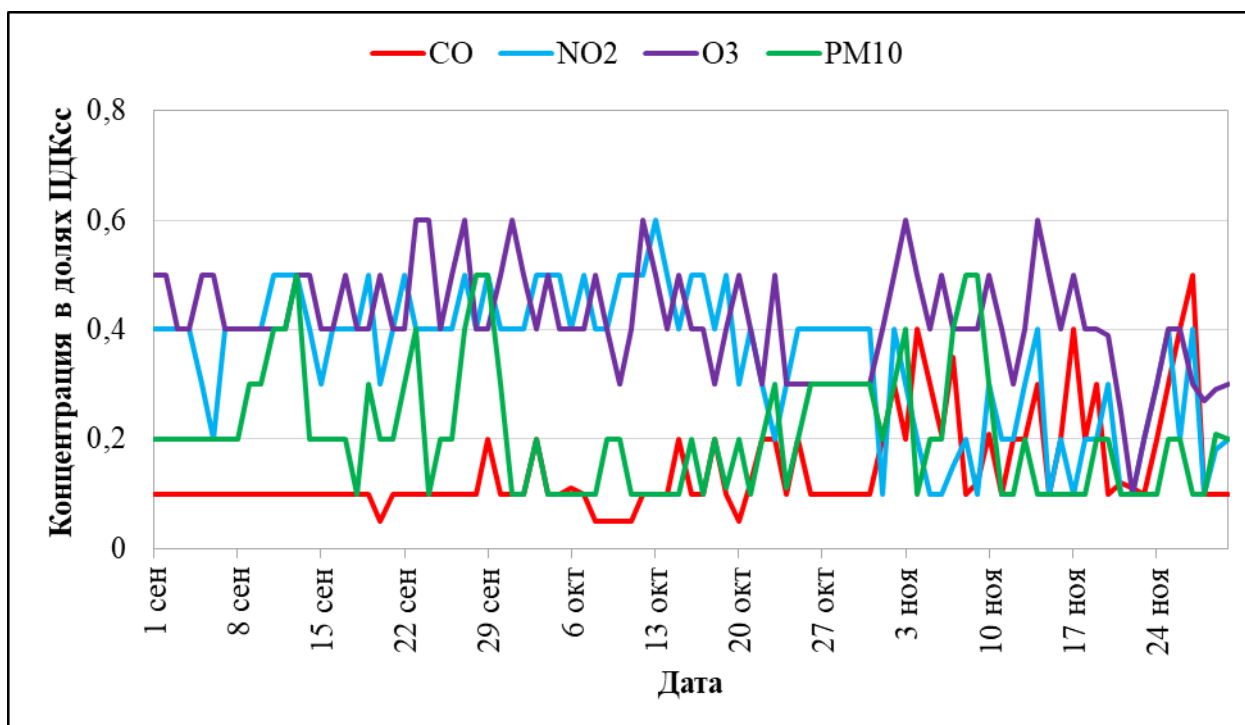


Рисунок 3.3.8 График распределения CO, NO₂, O₃ и PM₁₀ за осень 2023 г для станции №8

В осенние месяцы 2023 года уровень угарного газа на станции №8 не превышал установленные нормативы. Наибольшая концентрация была зафиксирована (27 ноября), а минимальные значения наблюдались (29 сентября, с 8 по 11 октября) и (20 октября 2023 года).

Содержание диоксида азота (NO₂) на протяжении всего сезона соответствовало допустимым стандартам. Максимум концентрации был достигнут в октябре и составил 0,6 ПДК_{сс}, после чего был отмечен небольшой спад до 0,1 ПДК_{сс}.

Осенью уровень озона (O₃) в воздухе не превышал среднесуточное предельно-допустимое значение концентрации. Наивысшие значения регистрировались с середины сентября до конца октября, включая начало ноября, а минимальная концентрация была отмечена (22 ноября).

Концентрация взвешенных частиц (PM₁₀) в атмосфере за весь период не превышала среднесуточную предельно допустимую концентрацию, с наивысшим значением 0,5 ПДК_{сс}.

На рисунках 3.3.9, 3.3.10 и 3.3.11 приведены графики распределения загрязняющих веществ на станции № 2 по месяцам весеннего периода 2023 года.

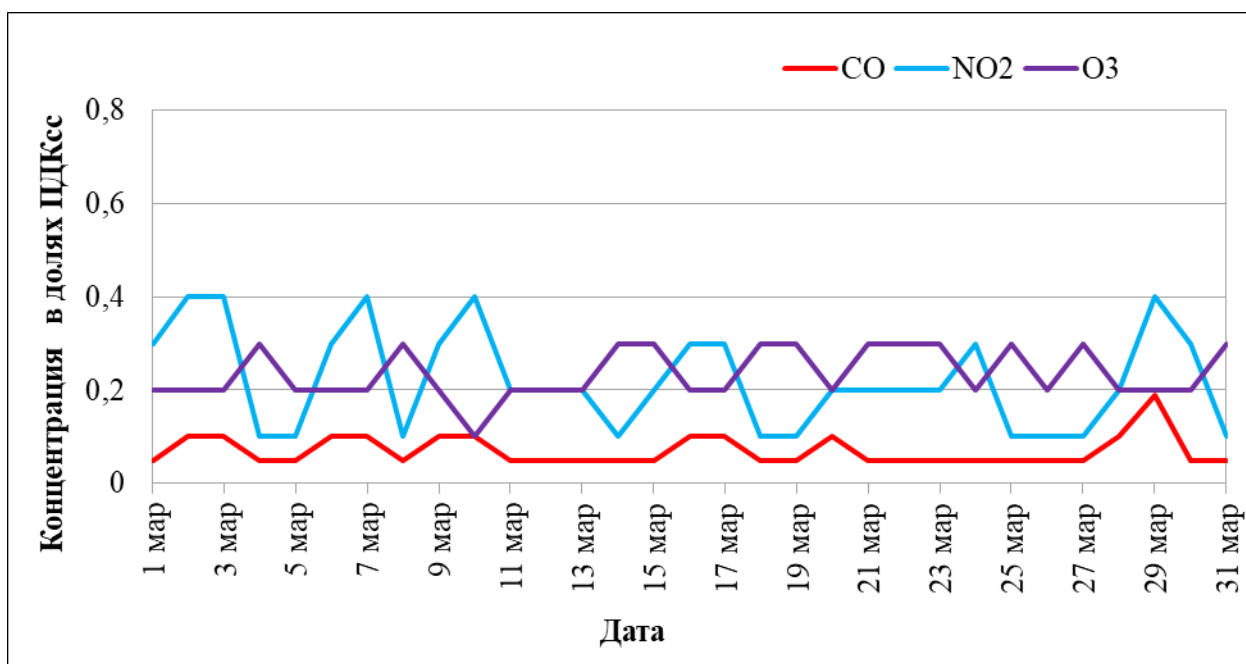


Рисунок 3.3.9 График распределения CO, NO₂, O₃ за март 2023 г для станции №2

В марте 2023 года содержание CO в атмосфере соответствовало установленным нормам ПДКсс. Максимальная концентрация достигла 0,2 ПДКсс, а минимальная составляла 0,05 ПДКсс.

Что касается диоксида азота (NO₂), в этом месяце его наивысший уровень составил 0,4 ПДКсс. Минимальная концентрация NO₂ была зарегистрирована на уровне 0,1 ПДКсс.

На протяжении месяца содержание (O₃) – не превышало среднесуточную предельно-допустимую концентрацию. Наименьшее значение было отмечено (10 марта) и оно составило 0,1 ПДКсс.

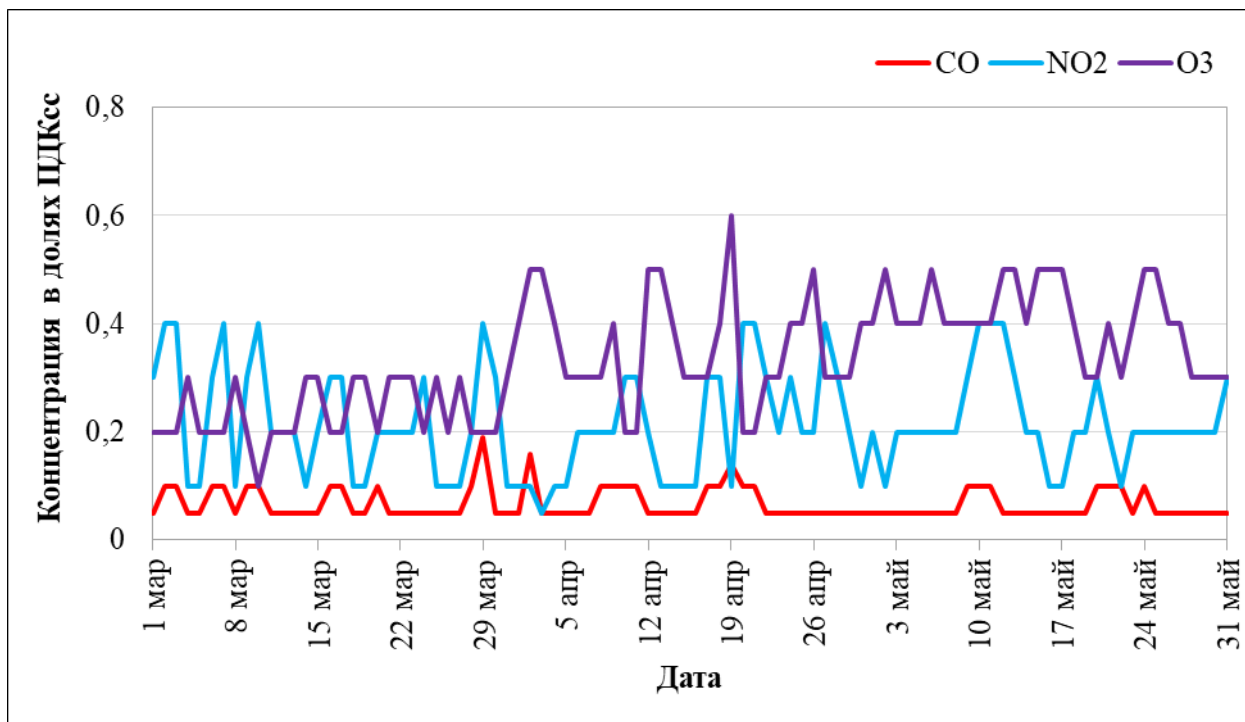


Рисунок 3.3.10 График распределения CO, NO₂, O₃ за апрель 2023 г для станции №2

В апреле 2023 года на станции №2 уровень концентрации CO в воздухе оставался в рамках допустимых норм ПДКсс, варьируясь от минимального значения 0,05 ПДКсс до максимального 0,2 ПДКсс.

В случае с диоксидом азота максимальное значение достигло 0,4 ПДКсс. Минимальный уровень составил 0,05 ПДКсс.

В течение всего апреля содержания озона в воздухе достигло максимального значения равного 0,6 ПДКсс, а минимальная концентрация была на уровне 0,1 ПДКсс.

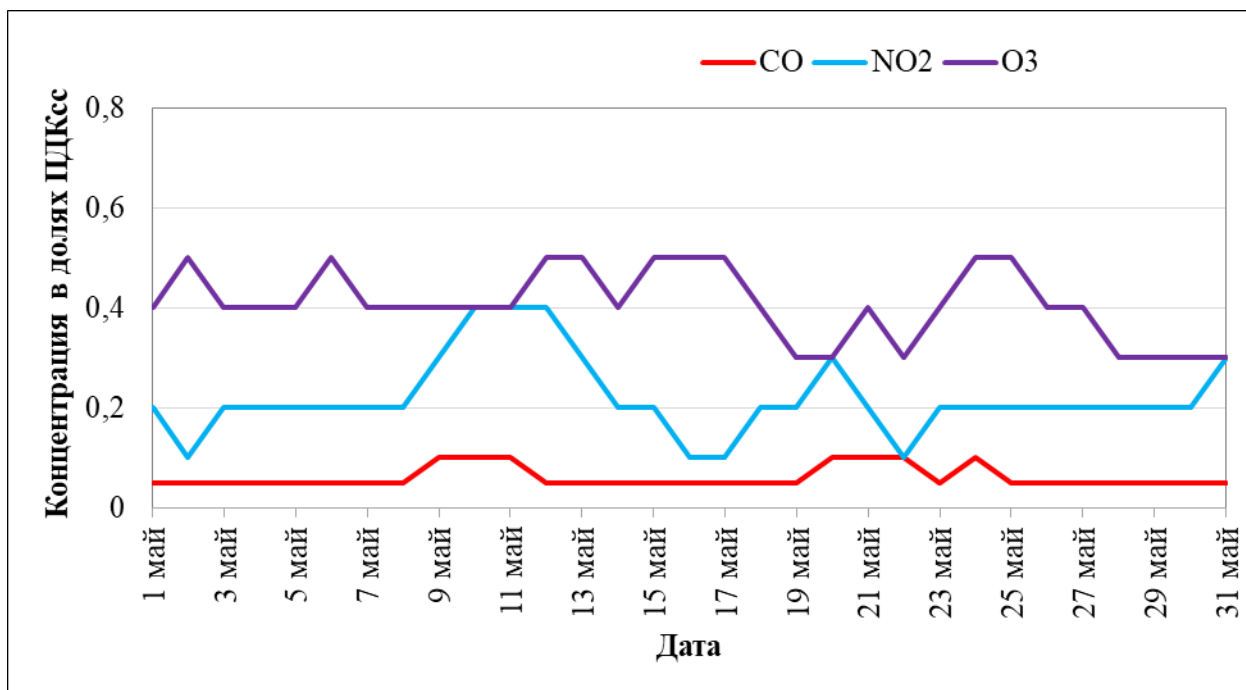


Рисунок 3.3.11 График распределения CO, NO₂, O₃ за май 2023 г для станции №2

В течение мая содержание CO в воздухе соответствовало установленным нормам ПДКсс. Максимальная концентрация достигала 0,1 ПДКсс, а минимальная – 0,05 ПДКсс.

За этот же период для NO₂ наибольшее зарегистрированное значение составляло 0,4 ПДКсс. Наименьшая концентрация составила 0,1 ПДКсс.

Концентрация озона (O₃) в воздухе не прышала ПДКсс весь месяц, варьируясь между максимальными 0,5 ПДКсс и минимальными 0,3 ПДКсс.

На рисунке 3.3.12 показан график, отображающий распределение загрязняющих веществ за весну 2023 года для Станции №2 по всем месяцам данного периода.

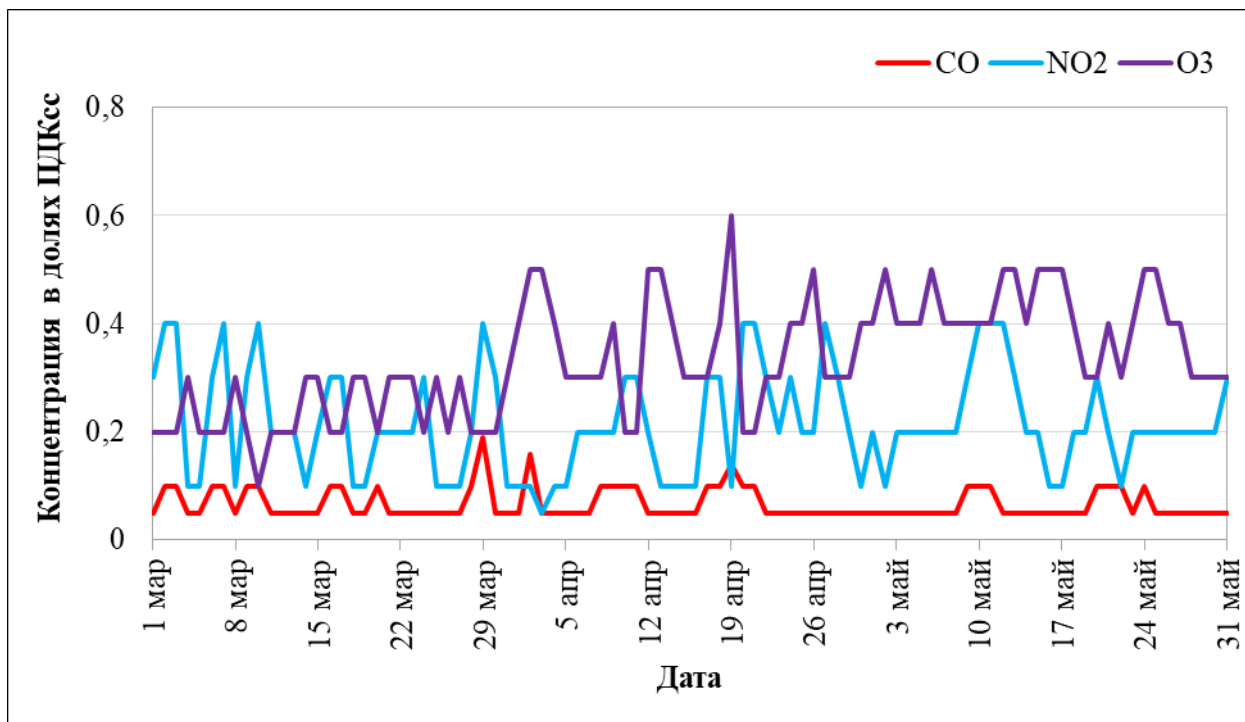


Рисунок 3.3.12 График распределения CO, NO₂, O₃ за весну 2023 г для года на станции №2

Весной 2023 уровень угарного газа держался в пределах допустимых норм. Пиковое значение зафиксировано (29 марта) и составило 0,2 ПДКсс, а минимальное значение в этом месяце было 0,05 ПДКсс.

Что касается диоксида азота (NO₂), его концентрация на протяжении всей весны не превышала среднесуточные предельно-допустимые значения концентрации, с максимальным значением 0,4 ПДКсс. Минимальный же показатель был зафиксирован (3 апреля) и равнялся 0,05 ПДКсс.

Содержание озона (O₃) в весенний период также не превышало среднесуточные предельно-допустимые значения концентрации. Наибольшее значение наблюдалось начиная с конца марта и до конца весны, тогда как самый низкий уровень 0,1 ПДКсс был отмечен в марте.

На иллюстрациях 3.3.13, 3.3.14 и 3.3.15 показаны графики распределения загрязняющих веществ на станции № 2 в каждом месяце осени 2023 года.

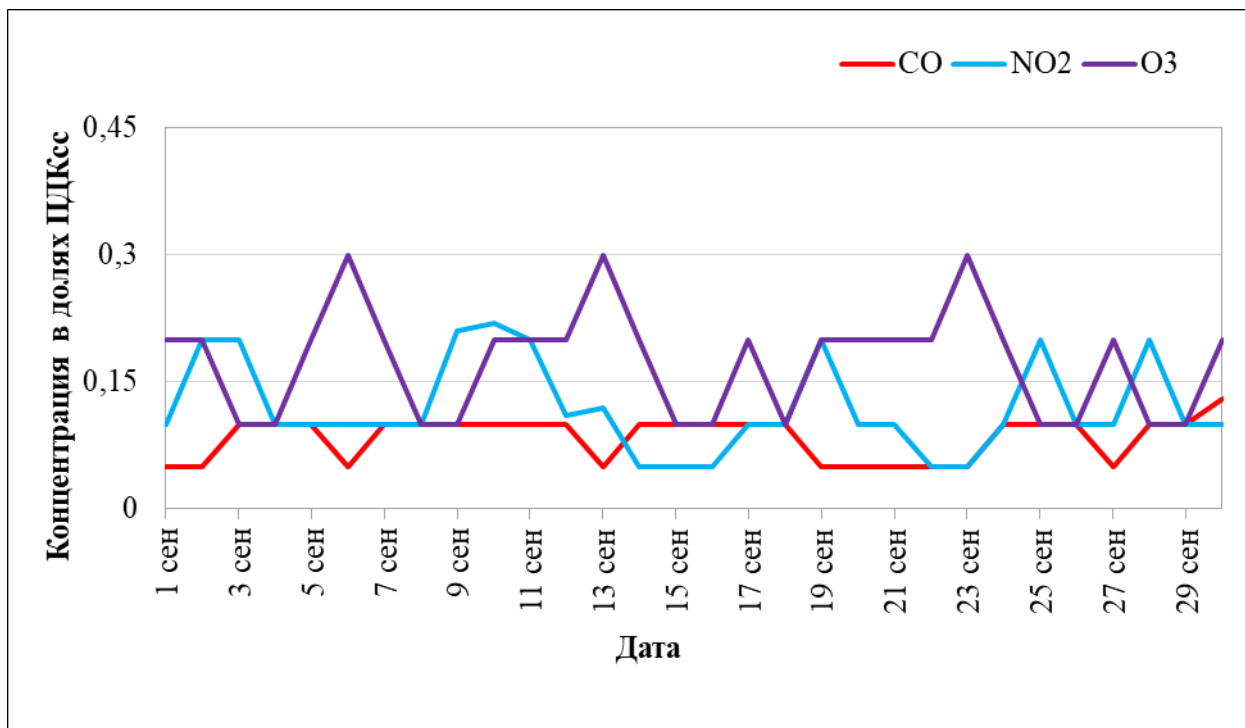


Рисунок 3.3.13 График распределения CO, NO₂, O₃ за сентябрь 2023 г для станции №2

В течение сентября концентрация CO оставалась в пределах допустимых норм, не превышая установленные стандартные значения. Максимальное значение достигало 0,13 ПДКсс, в то время как минимальное составляло 0,05 ПДКсс.

Для NO₂ наибольшее зафиксированное значение достигло 0,22 ПДКсс. Наименьшие значения были отмечены в периоды (с 14 по 16 сентября) и (с 22 по 23 сентября), составляя 0,05 ПДКсс.

В сентябре 2023 года уровень O₃ не превышал среднесуточные предельно-допустимые значения концентрации. Максимальные значения наблюдались (6, 13 и 23 сентября), а минимальное значение за месяц составило 0,1 ПДКсс.

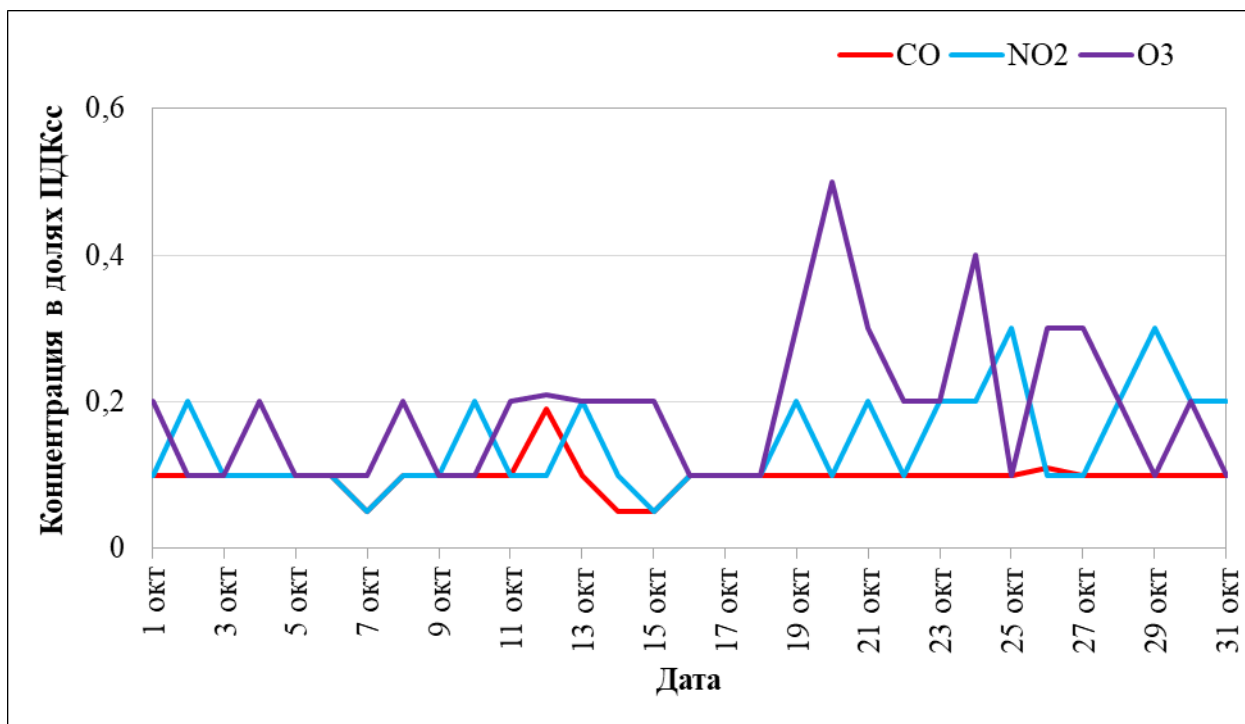


Рисунок 3.3.14 График распределения CO, NO₂, O₃ за октябрь 2023 г для станции №2

В течение октября уровень CO не превышал допустимые нормы ПДКсс. Наибольшие показатели измерялись на уровне 0,19 ПДКсс, а наименьшие достигали 0,05 ПДКсс.

Что касается диоксида азота, самые высокие концентрации достигали 0,3 ПДКсс. Минимум для этого вещества был отмечен (7 и 15 октября) и составил 0,05 ПДКсс.

20 октября концентрация O₃ достигла максимального значения за этот месяц равного 0,5 ПДКсс. Самый низкий уровень этого вещества за месяц зафиксирован на уровне 0,1 ПДКсс.

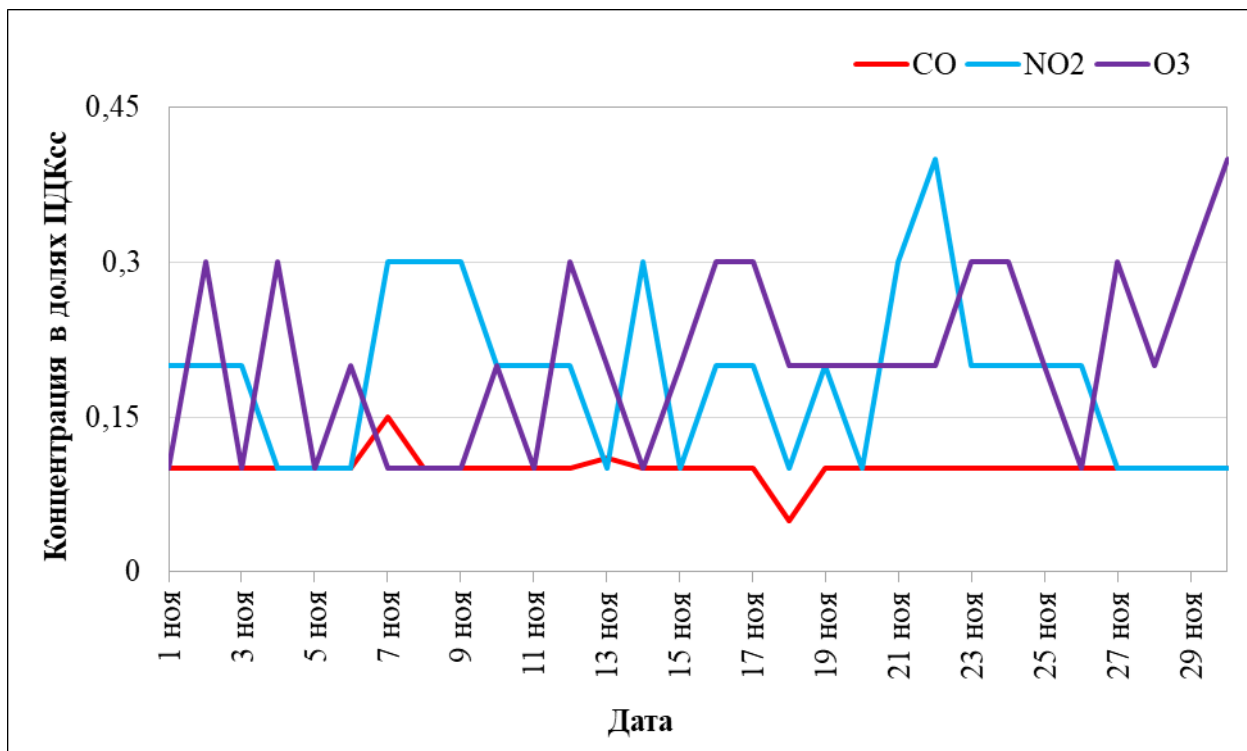


Рисунок 3.3.15 График распределения CO, NO₂, O₃ за ноябрь 2023 г для станции №2

В ноябре уровни концентраций CO соответствовали предельным допустимым концентрациям для среднесуточных значений (ПДКсс) и варьировались в пределах от 0,05 ПДКсс до 0,15 ПДКсс.

Для NO₂ зафиксированы максимальные значения в 0,4 ПДКсс, а его минимальные значения достигали 0,1 ПДКсс.

30 ноября зафиксировали наибольшую концентрацию озона в атмосфере — 0,4 ПДКсс, при этом минимальное значение составило 0,1 ПДКсс.

На графике, представленном в рисунке 3.3.16, можно увидеть, как распределялись загрязняющие вещества на станции №2 в Санкт-Петербурге за все осенние месяцы 2023 года.

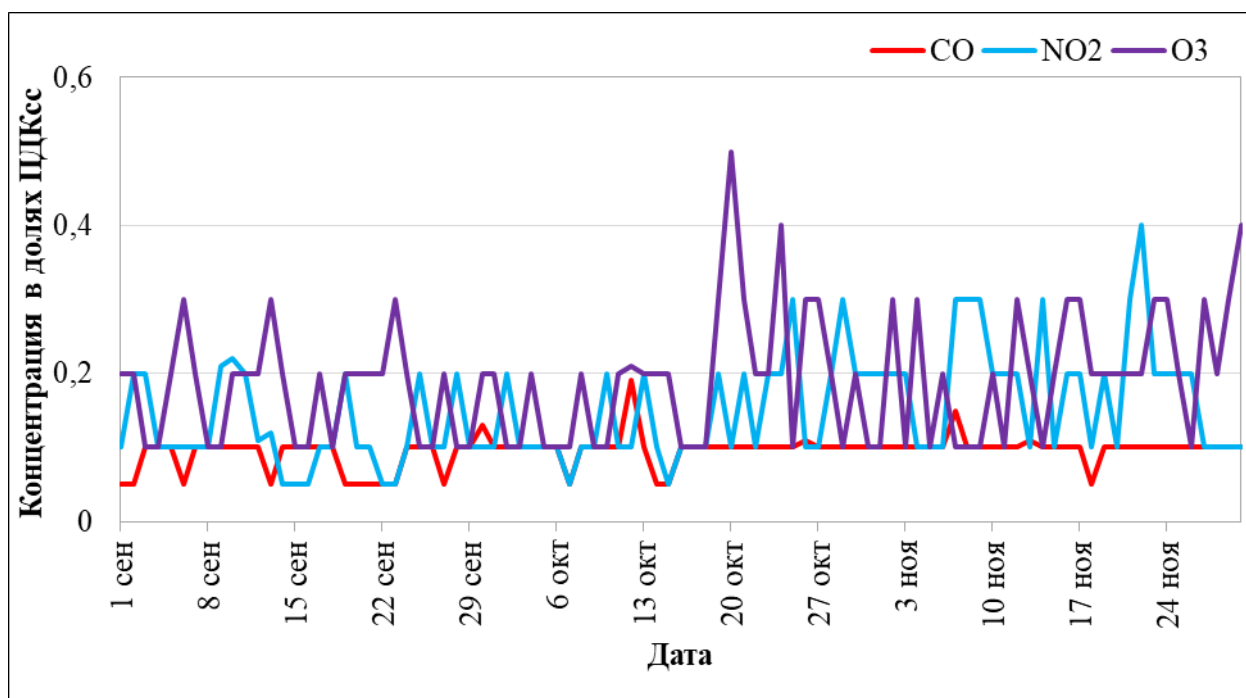


Рисунок 3.3.16 График распределения CO, NO₂, O₃ за осень 2023 г для станции №2

Осенью 2023 года на станции №2 содержание угарного газа не выходило за пределы допустимых значений. Наибольшее зафиксированное значение составило 0,2 ПДКсс, а наименьшее — 0,05 ПДКсс.

Концентрация диоксида азота (NO₂) на протяжении всего периода соответствовала установленным нормам. Начиная с конца октября вплоть до конца осени, наблюдался рост концентрации, при этом её пик составил 0,4 ПДКсс (22 ноября), а минимальное значение — 0,05 ПДКсс.

В течение осенних месяцев уровень озона (O₃) в атмосфере не превышал среднесуточную предельно-допустимую концентрацию. Максимальная концентрация озона была зафиксирована (20 октября) и составляла 0,5 ПДКсс, тогда как минимальная — 0,1 ПДКсс.

Давайте проанализируем концентрации загрязняющих веществ на станции №8 в весенний и осенний сезоны 2023 года.

На станции номер 8 весной уровень концентрации угарного газа колебался в пределах от 0,05 ПДКсс до 0,2 ПДКсс. Осенью наблюдался рост этого показателя, который достиг 0,5 ПДКсс к концу сезона. Содержание

диоксида азота в обоих периодах - весной и осенью - не превышало среднесуточные предельно-допустимые значения концентрации, находясь в диапазоне от 0,05 ПДКсс до 0,6 ПДКсс. Концентрация озона также оставалась невысокой как весной, так и осенью, с пиками в конце марта и сентября. Графики показывают более высокие уровни PM_{10} весной по сравнению с осенью, с увеличениями значений в апреле и мае.

Теперь проанализируем показатели загрязнителей на станции №2 за весенний и осенний сезоны 2023 года.

Весной и осенью концентрации СО находились в пределах допустимых норм, с показателями от 0,05 до 0,2 ПДКсс. Уровни NO_2 весной были выше, чем осенью, с диапазоном от 0,1 до 0,4 ПДКсс. Повышение содержания озона (O_3) начиналось в конце марта и сохранялось до окончания весеннего периода, тогда как осенью увеличение наблюдалось с октября и продолжалось до её завершения.

Сравним теперь уровни концентрации загрязнений весной для станций №8 и №2.

Весной концентрация загрязняющих веществ на обеих станциях почти не менялась. Однако концентрация диоксида азота (NO_2) на станции №8 была меньше, чем на станции №2. Согласно графикам, его значение на станции №8 колебалось от 0,05 до 0,4 ПДКсс, причем такие показания отмечались только (28 и 30 мая). В отличие от этого, на станции №2 аналогичные показатели фиксировались в течение 10 дней всего весеннего сезона.

Что касается озона (O_3), ситуация была иной. На станции №8 его концентрация за весь весенний период не падала ниже 0,3 ПДКсс, тогда как на станции №2 наблюдалось небольшое снижение уровня озона в апреле, с максимумом (19 апреля).

Также рассмотрим данные осени для этих же станций.

В осенний сезон на станции №8 зафиксировали увеличение концентрации СО с конца октября, в то время как на станции №2 эти

значения практически не изменялись, оставаясь в пределах от 0,05 до 0,2 ПДКсс. В этот период наблюдался рост содержания диоксида азота на станции №8 начиная с конца октября. Подобная тенденция отмечалась и на станции №2.

На станции №8 концентрация озона была выше осенью, затем снизилась к концу ноября, достигнув минимума (22 ноября). На станции №2 рост уровня озона произошел в конце октября, после чего его значение упало до 0,3 ПДКсс и оставалось на этом уровне до конца всего периода.

Подведем итоги анализа

Анализ всех графиков показывает, что ни в один из месяцев уровень содержания СО не превышал среднесуточные предельно-допустимые значения концентрации. Весной концентрация СО колебалась в диапазоне от 0,05 до 0,2 ПДКсс, а осенью эти показатели варьировались от 0,05 до 0,5 ПДКсс.

Что касается концентраций NO₂, то также они не превышали ПДКс.с. Аналогичные ситуация наблюдалась и по уровням озона, который не выходил за пределы среднесуточных предельно-допустимых значений концентрации.

3.4 Анализ воздействия погодных условий на уровни загрязняющих компонентов в атмосфере

В Приморском районе наиболее загрязнённым месяцем признан ноябрь. Это обусловлено началом отопительного сезона в октябре, а также переходом температуры воздуха из плюсовой зоны в минусовую. Также большую роль сыграли смена направления ветра с юго-западного на южный и уменьшение скорости ветра по сравнению с весенними месяцами [24; 25; 26].

В Колпинском районе ситуация наоборот – самым загрязнённым месяцем стал май. Это связано с повышением температуры воздуха, уменьшением влажности и увеличением скорости ветра, который приносит загрязняющие вещества из центра Санкт-Петербурга. Поскольку Колпино находится на значительном отдалении от центра Санкт-Петербурга и в нём меньше промышленных предприятий, дополнительную нагрузку создает рост количества автотранспорта с началом дачного сезона. В ноябре ситуация аналогична Приморскому району.

Если рассматривать оба периода, то можно утверждать, что ноябрь является самым загрязнённым месяцем. Этому способствует довольно низкая среднемесячная температура воздуха в сравнении с сентябрем и октябрем. В ноябре также наблюдалась меньшая скорость ветра, что способствовало накоплению загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы. Недостаток осадков также сыграл свою роль, делая ноябрь самым загрязнённым месяцем в обоих периодах.

Заключение

Как и в других крупных городах, проблема загрязнения воздуха актуальна и для Санкт-Петербурга, где уровень загрязнений атмосферы остается высоким. К этому в значительной мере приводят деятельность разнообразных промышленных производств и интенсивное движение на автодорогах.

В текущем исследовании был проведен детальный анализ распределения загрязняющих веществ в разных частях Санкт-Петербурга и рассмотрено влияние метеорологических условий на их концентрацию. Период анализа включал три месяца весной 2023 года (март, апрель, май) и три месяца осенью того же года (сентябрь, октябрь, ноябрь).

Исследование показало, что условия погоды могут существенно влиять на уровень загрязнения воздуха в городах. Такие элементы, как скорость ветра, температура, влажность и атмосферное давление, существенно влияют на процесс распределения и переноса загрязняющих частиц.

К примеру, сильный ветер может разогнать загрязнители и вывести их за пределы города, что приведет к снижению уровня загрязнения. В противоположность этому, отсутствие ветра и устойчивый атмосферный инверсии, при которых холодный воздух скапливается у поверхности земли, могут значительно ухудшить качество воздуха.

Температура и влажность также оказывают влияние на уровень загрязнения. При высоких температурах и низкой влажности возрастает вероятность образования озона, который сам по себе является загрязнителем, но может временно снизить концентрацию других вредных веществ, таких как диоксид азота.

С использованием данных, собранных автоматическими станциями мониторинга, были составлены таблицы среднемесячных концентраций

загрязняющих веществ в воздухе и построены графики для оксида углерода, диоксида азота, озона и пылевых частиц размером 10 микрон.

После анализа таблиц и графиков было выявлено, что ноябрь 2023 года оказался месяцем с самым высоким уровнем загрязнения воздуха, что в основном связано с более низкими температурами.

На основе анализа полученных данных можно сделать несколько важных выводов и рекомендаций для улучшения качества воздуха в Санкт-Петербурге. Во-первых, данные указывают на необходимость более строгого контроля выбросов вредных веществ от промышленных объектов и транспорта, особенно в Приморском районе. Введение более жестких нормативов и регулярная проверка их соблюдения могут значительно снизить уровень загрязнения.

Также стоит обратить внимание на развитие экологически чистого транспорта. Внедрение и поддержка использования электромобилей и гибридных автомобилей, а также расширение сети велодорожек и пешеходных зон могут существенно уменьшить выбросы оксидов азота и других загрязнителей в атмосферу. Одной из мер, которые могут быть полезны, является модернизация общественного транспорта с целью перехода на энергосберегающие и экологически более чистые модели.

Не менее важным является совершенствование системы мониторинга и предупреждения о высоких уровнях загрязненности воздуха. Расширение сети автоматических станций мониторинга в других районах города и более частое обновление, и публичное освещение данных позволит жителям быть в курсе изменений качества воздуха и принимать соответствующие меры для защиты своего здоровья. В части просвещения населения важно проводить информационные кампании по вопросам экологии и способов снижения личного вклада в загрязнение воздуха.

В целом, для повышения эффективности этих мер требуется комплексный подход, включающий не только регулирование выбросов на

национальном уровне, но и активное участие местных властей и общественности. Скоординированные усилия могут привести к значительному улучшению экологической ситуации в Санкт-Петербурге и обеспечить будущее с чистым воздухом для всех его жителей.

Список использованной литературы

1. Чем мы дышим. Что такое режим "черного неба" и как живут в таких регионах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://news.rambler.ru/moscow_city/51950830-chem-my-dyshim-chto-takoe-rezhim-chernogo-neba-i-kak-zhivut-v-takih-regionah/ (дата обращения: 27.04.2024)
2. Загрязнение атмосферного воздуха: источники и причины загрязнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://morgau.cap.ru/news/2023/02/16/zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-istochniki-i-pri> (дата обращения: 30.04.2024)
3. Н.М. Сергина, Л.Я. Соломахина, К.И. Лазуренко, М.С. Соломахин О загрязнении атмосферного воздуха Санкт-Петербурга взвешенными веществами // Инженерный вестник дона. [Электронный ресурс]. 2019. – №1. Режим доступа: <http://vywww.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5568>. (дата обращения: 01.05.2024).
4. Экология Санкт-Петербурга: загрязнение воздуха по районам: [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://бризекс.рф/ecology-spb/ehkologiya-sankt-peterburga-zagryaznenie-vozduha-po-rajonam> (дата обращения: 01.05.2024)
5. Комитет по природопользованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/wall-183309263_1982 (дата обращения: 01.05.2024)
6. Влияние загрязненного воздуха на здоровье и окружающую среду: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.snta.ru/press-center/vliyanie-zagryaznennogo-vozdukha-na-zdorove-i-okruzhayushchuyu-sredu/> (дата обращения 05.05.2024)

7. Как загрязнение воздуха разрушает наше здоровье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health> (дата обращения 15.05.2024)
8. Загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/family/ecology/zagryaznenie-atmosfernogo-vozdukha/#:~:text=> (дата обращения 17.05.2024)
9. Конференции ООН по изменению климата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/climatechange/un-climate-conferences> (дата обращения 23.05.2024)
10. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru> (дата обращения 30.05.2024)
11. Назаренко О.Б. Экология: Томский политехнический университет. – 2007. – 100с.
12. Влияние метеорологических факторов на распространение загрязняющих веществ в атмосфере города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018014372>
13. Морозов А.Е., Стародубцева Н.И. Метеорологические условия и загрязнение атмосферы. – Уральский государственный лесотехнический университет. – 2020. – 128с.
14. Закономерности поведения атмосферных загрязнений в приземном слое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7442784/page:4/> (дата обращения 01.06.2024)
15. Влияние ветрового режима на уровень загрязнения атмосферы. Направление и скорость ветра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.com/1105607/vliyanie_vetrovogo_rezhima_uroven_zagryazneniya_atmosfery_napravlenie_skorost_vetra (дата обращения 02.06.2024)
16. Приморский район (Санкт-Петербург) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Приморский_район_\(Санкт-Петербург\)](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Приморский_район_(Санкт-Петербург)) (дата обращения 10.06.24)

17. Колпинский район Петербурга: тихий край или промышленный рай? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.novostroy-spb.ru/statyi/kolpinskiy_rayon_peterburga_tihiy (дата обращения 10.06.2024)
18. Оксид азота(IV) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оксид_азота\(IV\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оксид_азота(IV)) (дата обращения 12.06.2024)
19. Даже «безопасный» уровень окиси углерода в окружающей среде может нанести вред здоровью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finance.rambler.ru/markets/46272118-dazhe-bezopasnyu-uroven-okisi-ugleroda-v-okruzhayuschey-srede-mozhet-nanesti-vred-zdorovyu/> (дата обращения 13.06.2024)
20. Озон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Озон> (дата обращения 13.06.2024)
21. Что такое PM10 и PM2.5? Чем могут быть опасны тонкодисперсные частицы? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://бризекс.рф/blog/chto-takoe-pm10-pm25>
22. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М., - 2003. – 41с.
23. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.infoeco.ru/> (дата обращения 17.06.2024).
24. Gismeteo [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/> (дата обращения 17.05.2024)
25. Погода и климат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 19.06.2024).
26. Расписание погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rp5.ru/> (дата обращения 20.06.2024).