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: «Пространственное распределение концентраций загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге в летний период»

Исполнитель Семенищева Валерия 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

«02» июля 2024 г.

Санкт–Петербург
2024

Анализ данных таблицы 4.5 показал, что станция №8, расположенная на улице Новоселькovской, дом 23, является наиболее загрязненной. Эта станция находится вблизи центра города, где наблюдается высокая концентрация автомобилей, строительных работ и других источников загрязнения воздуха.

Использование отопительных систем в домах и на предприятиях также способствует загрязнению.

К тому же, на станции №8 проживает много людей, что увеличивает нагрузку на атмосферу.

Ежедневные поездки на работу и учебу на личном транспорте дополнительно ухудшают качество воздуха.

Помимо всего прочего, станция №8 зафиксировала наибольшую концентрацию пыли.

Станция №21, расположенная в городе Ломоносове на улице Федюнинского, дом 3, отличается низким уровнем загрязнения воздуха.

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность работы. Загрязнение атмосферы считается одной из серьезнейших проблем экологии по всему миру из-за объема различных опасных веществ, попадающих в воздух.

Чистота атмосферы имеет огромное значение для современного мира по многим причинам:

1. Здоровье населения: Загрязненный воздух может привести к различным заболеваниям дыхательной системы, сердца, астме, раку и другим серьезным заболеваниям. Улучшение качества воздуха благоприятно повлияет на здоровье людей и снизит риск развития этих заболеваний.

2. Экологические последствия: Загрязнение воздуха негативно влияет на экосистемы, повреждает растения, животных и водные ресурсы. Это может привести к вымиранию видов, ухудшению качества почвы и воды, а также негативно сказывается на биоразнообразии.
3. Климатические изменения: Вредные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу являются одной из причин глобального потепления и изменения климата. Это может привести к катастрофическим последствиям, таким как повышение уровня моря, экстремальные погодные условия и другие негативные эффекты.
4. Экономические последствия: Загрязнение воздуха приводит к увеличению расходов на здравоохранение для борьбы с заболеваниями, связанными с загрязнением, а также на восстановление экосистем и инфраструктуры после климатических катастроф.
5. Качество жизни: Чистый воздух способствует повышению качества жизни людей, улучшению психического и физического самочувствия, повышает продуктивность труда и снижает риск развития различных заболеваний.

Таким образом, актуальность работы по загрязнению атмосферы обусловлена ее глобальным масштабом, серьезными последствиями для здоровья человека, климата и экономики, а также необходимостью поиска эффективных решений.

Состояние атмосферы воздуха в Санкт-Петербурге, как и в других крупных городах, подвержено различным факторам, включая транспортные выбросы, промышленную деятельность, отопление, а также климатические условия. В целом, качество воздуха в городе определяется уровнем загрязнения вредными веществами, такими как диоксид азота, финские частицы, угарный газ и другими.

Объект исследования – город Санкт-Петербург, Россия

Для научного исследования выбраны районы Санкт-Петербурга с разной степенью загрязнения атмосферы. Различия районов заключаются в индустриальной активности, плотности населения, количества дорог и транспорта. Интерес представляет сравнение качества воздуха в этих районах и изучение воздействия выбросов вредных веществ на здоровье местных жителей.

Цель: провести анализ данных по загрязнению атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге за летний период 2023 года с целью определения уровня загрязнения и его пространственного распределения по ключевым загрязняющим веществам.

Чтобы достичь поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

1) Провести обзор научных исследований по теме и описать исследуемую территорию с точки зрения физической географии.
2) Рассчитать средние концентрации загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга за лето 2023 года, используя данные автоматизированных станций экологического мониторинга.
3) Визуализировать пространственное распределение загрязняющих веществ с помощью карт и 3D-моделей.
4) Проанализировать влияние метеорологических факторов на распределение загрязняющих веществ в атмосфере и интерпретировать полученные результаты.

Объектом исследования являются значения концентраций загрязняющих веществ на 25 автоматизированных станциях экологического мониторинга воздуха, размещённых в Санкт-Петербурге.

Предметом исследования являются данные о загрязнении воздуха за летний период 2023 года (июнь, июль, август), полученные с этих 25 станций.

База исследования. Данные получены с экологического портала Санкт-Петербурга – Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

Структура выпускной работы: введение, три главы, заключение, список использованной литературы.

В введение работы обоснована актуальность выбранной темы исследования, определена цель и задачи исследования.

В первой главе работы «Физико-географические особенности Санкт-Петербурга»: дана развёрнутая информация о данном субъекте, в частности: рельеф, климат, гидрология.

Во второй главе работы: физико-химические свойства атмосферы и загрязняющих веществ, общее понятие атмосферы и ее строение, основы экологического мониторинга, анализ динамики концентрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на исследуемых территориях за летний период, обработка имеющихся данных.

В третьей главе работы: подробный анализ и оценка концентрации загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга.

В заключение работы сформулированы основные выводы, основанные на результатах исследования.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.

1.1 Географическое положение и общие сведения.

Санкт-Петербург — важный промышленный, научный и культурный центр РФ, крупнейший транспортный узел, морской порт. Он расположен на побережье Финского залива в устье реки Невы и на островах её дельты. Географические особенности города включают в себя:

1. Местоположение: Санкт-Петербург расположен на побережье Финского залива Балтийского моря. Город находится в устье реки Невы. Территория Санкт-Петербурга составляет 606 км². В Санкт-Петербурге и его окрестностях проживает более 5 миллионов человек.

2. Климат: Санкт-Петербург имеет умеренно континентальный климат с влиянием моря. Зимы холодные и влажные, а лета прохладные. Туманы и осадки часто наблюдаются в течение всего года.

3. Водоемы: Санкт-Петербург известен своими многочисленными каналами, реками и мостами, что придает городу уникальный облик.

4. Рельеф: Территория города является плоской, с небольшими холмами. Большая часть территории Санкт-Петербурга находится на болотистых почвах.

5. Природные условия: В Санкт-Петербурге обилие парков и скверов, что создает благоприятную экологическую обстановку в городе.

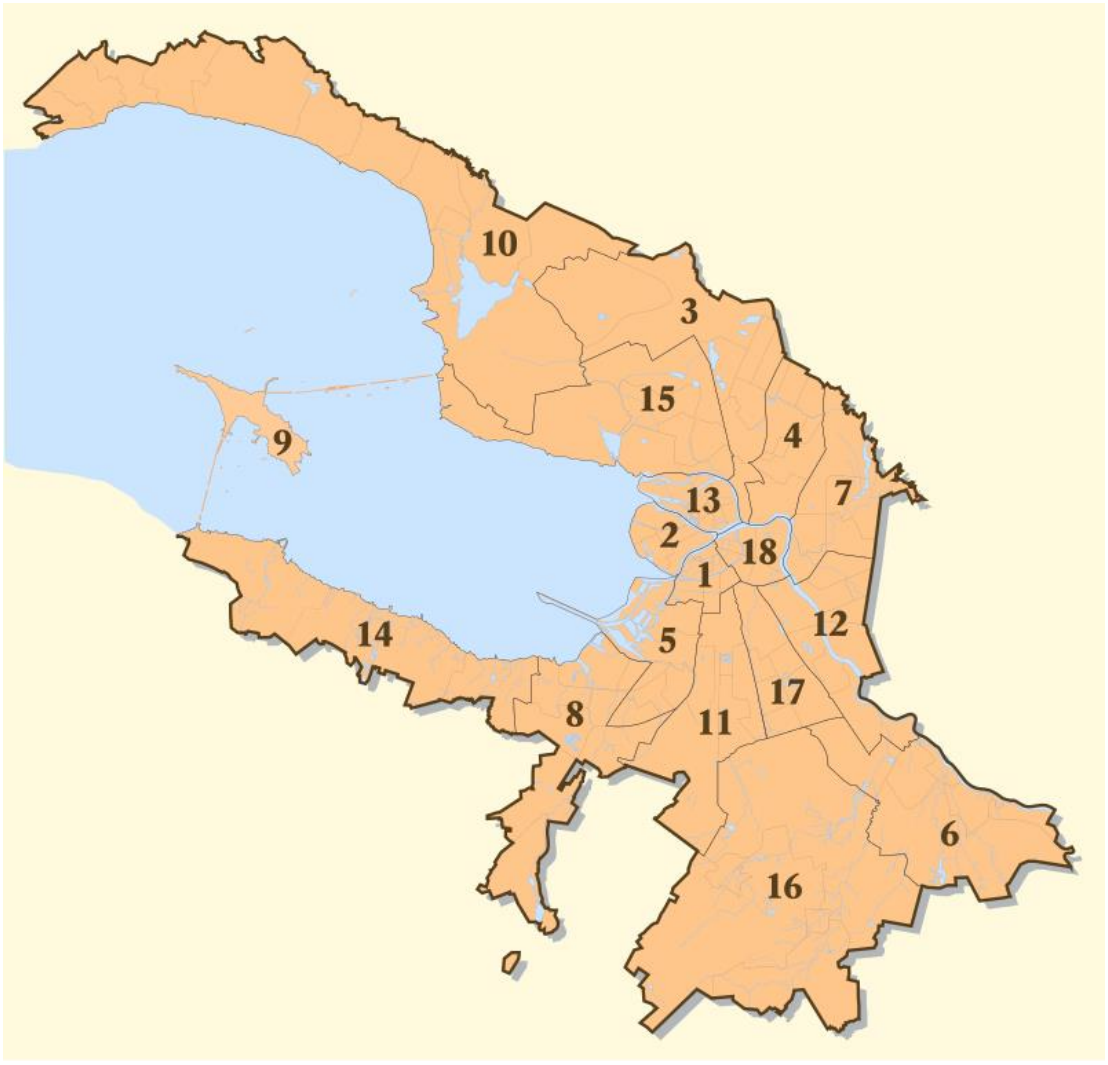

Рис. 1.1. Административно-территориальная карта Санкт-Петербурга

1.2 Климат Санкт-Петербурга.

Климат региона исследования определяется, в первую очередь, географическим положением, влияющим на количество солнечного тепла, влажность воздуха и циркуляцию воздушных масс. Санкт-Петербург расположен на 59° северной широты, у берегов Балтийского моря, что приводит к невысокому углу падения солнечных лучей и недостаточному прогреву земной поверхности. Это объясняет высокую влажность (78-80%) и относительно низкие среднегодовые температуры +5-6 °С, создающие не самые благоприятные атмосферные условия.

Изменение климата Санкт-Петербурга. Согласно данным наблюдений за

погодой с 1752 года, за прошедшие 250 лет климат Северной столицы претерпел существенные изменения. В прошлом изменения в погоде происходили медленно, но с появлением антропогенного воздействия динамика этих изменений значительно ускорилась. Летние месяцы становятся все более жаркими, засухи становятся частыми явлениями. Ливни, грозы, ураганы начали атаковать город на Неве с удивительной регулярностью в позднюю весну и летом. Зимы в Санкт-Петербурге начали напоминать европейские с периодическими оттепелями и частыми дождями со снегом.

2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА АТМОСФЕРЫ.

2.1 Атмосфера. Общие понятия и её строение.

Атмосфера – это оболочка Земли, состоящая из смеси газов, которая окружает нашу планету и создает условия для жизни. Атмосфера играет важную роль в поддержании тепла на Земле, защите от вредных ультрафиолетовых лучей и обеспечении дыхания для всех живых существ.

Строение атмосферы включает четыре основных слоя: термосферу, мезосферу, стратосферу и тропосферу.

Тропосфера – самый низкий слой, в котором происходят все метеорологические явления, такие как облака, осадки и ветры.

Стратосфера находится над тропосферой, она содержит озоновый слой, который защищает планету от ультрафиолетового излучения.

Мезосфера и термосфера – это верхние слои атмосферы, в которых происходят различные процессы, такие как разложение метеоров и образование ауроры.

Так же есть такие слои, как тропопауза, стратопауза, мезопауза, линия кармана, термопауза и экзосфера.

Тропопауза - граница между тропосферой и стратосферой (8-18 км).

Стратопауза - граница между стратосферой и мезосферой (50 км).

Мезопауза - граница между мезосферой и термосферой (85 км).

Линия кармана - граница между мезосферой и термосферой, где газ становится свободным (100 км).

Термопауза - граница между термосферой и экзосферой, где начинается увеличение температуры (500 км).

Экзосфера - верхний слой атмосферы за пределами плотных слоев, где газ редкий (500 км и выше)

На рисунке 2.1 представлена модель вертикального строения атмосферы [2].

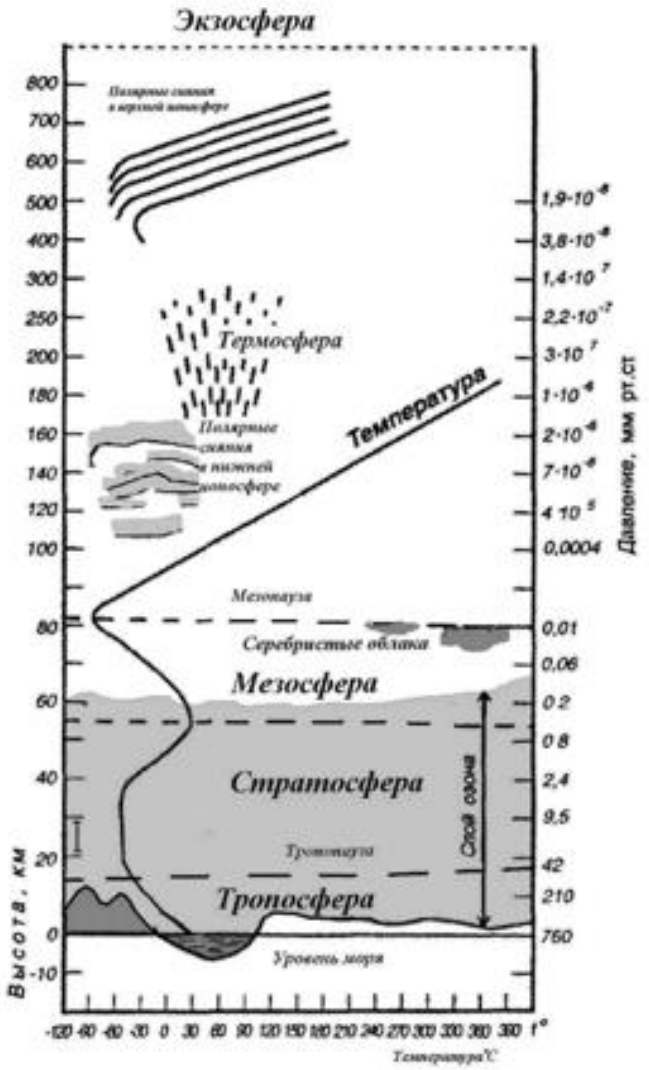

Рис. 2.1. Вертикальное строение атмосферы.

2.2 Физико-химические свойства атмосферы и загрязняющих веществ.

Атмосфера - это газовый оболочка, окружающая планету Земля. Она состоит преимущественно из азота (около 78%) и кислорода (приблизительно 21%), а также других газов, таких как аргон, углекислый газ, неон и другие. Кроме того, атмосфера содержит примеси в виде пыли, водяного пара, аэрозолей и других веществ.

Физико-химические свойства атмосферы включают в себя следующее:

1. Давление - атмосферное давление изменяется в зависимости от высоты, уровня деятельности солнца и других факторов.

2. Температура - температура в атмосфере также различается в зависимости от высоты. Обычно с высотой температура понижается.

3. Влажность - количество водяного пара в атмосфере определяет влажность. Влажность может быть разной в разных частях атмосферы и в разные времена года.

4. Состав газов - присутствие различных газов в атмосфере имеет важное значение для поддержания жизни на Земле. Благодаря кислороду живые организмы могут дышать, а углекислый газ и другие газы играют роль в климатических процессах.

5. Светопропускание - атмосфера пропускает солнечное излучение на поверхность Земли, а также отражает и рассеивает его, влияя на климат и тепловой баланс планеты.

Эти и другие физико-химические свойства атмосферы являются важными для понимания ее роли в жизни на Земле и во взаимодействии с другими компонентами планеты.

Таблица 2.1 Состав сухого воздуха (без учета водяного пара) у поверхности Земли.

Газ	Объёмное* содержание, %	Относительная молекулярная масса, атомная единица массы	Плотность по отношению к плотности сухого воздуха, кг/м³
Азот (N_2)	78,084	28,0134	0,967
Кислород (O_2)	20,946	31,9988	1,105
Аргон (Ar)	0,934	39,948	1,379
Углекислый газ (CO_2)	0,033	44,00995	1,529
Неон (Ne)	$1{,}818^{10^{-3}}$	20,183	0,095
Криптон (Kr)	$1{,}14^{10^{-4}}$	83,800	2,868
Водород (H_2)	$5^{10^{-5}}$	2,01594	0,070
Ксенон (Xe)	$8{,}7^{10^{-6}}$	131,300	4,524
Озон (O_3)	$10^{-6}\ldots10^{-5}$	47,9982	1,624
Сухой воздух	-	28,9645	1,000

** Объемное содержание-это, выраженное в процентах отношение объема, занимаемого данной газовой составляющей, к общему объему смеси по условии приведения их к одинаковым давлению и температуре.*

Согласно таблице 2.1, кислород (O_2), аргон (Ar) и азот (N_2) - это три основных компонента, составляющих атмосферу Земли. На эти газы приходится 99,96% общей массы атмосферы, в то время как остальные газы составляют лишь около 0,04% [1].

Углекислый газ, кислород и азот - играют ключевую роль в поддержании жизни на Земле и в функционировании ее экосистем. Их содержание и взаимодействие в атмосфере имеет важное значение для климатических процессов и жизненных циклов планеты.

2.3 Загрязнение атмосферы: основные источники загрязнения и вредные вещества, вызывающие загрязнения.

Атмосфера, несмотря на свою кажущуюся безграничность, подвержена серьезному загрязнению, вызванному как деятельностью человека, так и природными процессами.

К антропогенным загрязнениям атмосферы можно отнести:

1. Промышленные выбросы: Заводы, электростанции, и другие промышленные объекты являются одним из крупнейших источников загрязнения атмосферы. Они выбрасывают в атмосферу различные токсичные вещества, включая серу, оксиды азота, тяжелые металлы и другие вредные составляющие.

2. Транспорт: выбросы от транспорта, включающего автомобили, грузовики и самолеты, оказывают значительное негативное влияние на качество воздуха, повышая уровень CO_2, NO_2, углеводородов и твердых частиц, что угрожает здоровью людей и окружающей среде.

3. Сельское хозяйство: Использование удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве может вызывать выбросы аммиака и других вредных веществ. Также скотные фермы являются источником выбросов метана, который влияет на парниковый эффект.

4. Домашние и промышленные отопительные системы: Сжигание древесины, угля, мазута и природного газа приводит к выбросам дыма, серы, оксидов азота и твердых частиц.

5. Сжигание отходов: Неконтролируемое сжигание мусора и отходов ведет к выбросам токсичных веществ в атмосферу.

Эти источники загрязнения атмосферы вносят серьезный вклад в образование смога, кислотного дождя, увеличение парникового эффекта и другие негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека.

На рисунке 2.1 показаны основные источники загрязнения.

Рисунок 2.1 Источники загрязнения атмосферы

Естественные источники загрязнения атмосферы обусловлены природными процессами, в отличие от антропогенных источников, которые связаны с деятельностью человека. К таким естественным источникам относятся:

1. Деятельность вулканов: вулканы выбрасывают в атмосферу различные газы и твердые частицы, такие как углекислый газ, сернистый газ, пепел и пыль. Эти выбросы могут создавать вулканические дымовые облака, влиять на климат и качество воздуха.

2. Природные пожары: Лесные пожары, торфяные пожары и другие природные пожары могут выбрасывать в атмосферу крупные объемы дыма, угарного газа и твердых частиц. Эти выбросы могут влиять на качество воздуха и здоровье окружающих.

3. Биогенные процессы: Разложение органического материала, испарение воды, пылевые бури и другие биогенные процессы в природе могут способствовать загрязнению атмосферы различными веществами, такими как метан, аммиак, органические соединения и др.

Хотя естественные источники загрязнения атмосферы не контролируются человеком, они также могут оказывать значительное воздействие на качество воздуха и климат. Изучение этих источников важны для понимания и сокращения их воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

Таблица 2.2 Выделение (10б т/сут) некоторых газообразных веществ

Вещество	Источник	
	Природный	Антропогенный
Диоксид серы	-	0,4
Сероводород	0,3	0,01
Оксиды азота	2	0,2
Аммиак	3	0,01
Углеводород	2	0,2
Оксид углерода	10	1
Диоксид углерода	3000	50

В таблице 2.2 приведены экспертные оценки выделения некоторых вредных веществ природными и антропогенными источниками.

Данные таблицы 2.2 показывают, что естественные источники выделяют больше вредных веществ. Однако, антропогенное загрязнение опаснее, так как концентрируется в зонах проживания людей.

В основе лежат загрязняющие вещества, которые могут присутствовать в атмосфере и негативно влиять на окружающую среду и здоровье людей, такие как:

1. Диоксид серы (SO_2) и оксиды азота (NO_2), являющиеся побочными продуктами сжигания ископаемого топлива (угля, нефти, газа), являются серьезной угрозой для окружающей среды. Они вызывают кислотные дожди, ухудшают качество воздуха и способствуют развитию заболеваний дыхательной системы.
2. Твердые частицы, такие как ПМ10 и ПМ2.5, представляют серьезную опасность для здоровья человека. Они настолько мелки, что легко проникают в легкие, вызывая различные респираторные заболевания, включая астму, бронхит и даже рак.
3. Углеводороды (в том числе бензол, толуол и ксилол): Эти вещества являются компонентами автовыхлопов, промышленных выбросов и дымом от табака. Они могут быть канцерогенами и вызывать различные заболевания.
4. Озон (O_3): Этот газ образуется в результате реакции оксидов азота и углеводородов под воздействием ультрафиолетового излучения. Высокие концентрации озона в воздухе могут привести к проблемам с дыханием и раздражению глаз.
5. Аммиак (NH_3): Это вещество происходит главным образом из сельскохозяйственных и животноводческих процессов. Высокие концентрации аммиака могут влиять на качество воздуха и водных ресурсов.

2.4 Метеорологические факторы, которые загрязняют атмосферу.

Метеорологические факторы могут также влиять на уровень загрязнения в атмосфере. Некоторые из них включают:

1. Ветер: Скорость и направление ветра могут определять, как быстро и в каком направлении будут двигаться загрязняющие вещества. Сильные ветры могут разносить загрязнения на большие расстояния, а слабые ветры могут привести к накоплению загрязнений в определенных районах.

2. Температура и инверсия: Зимой инверсия атмосферы может возникнуть из-за холодного воздушного масса, которая защищает загрязняющие вещества от дисперсии, приводя к ухудшению качества воздуха. Высокие температуры также могут способствовать реакции загрязняющих веществ и образованию новых вредных соединений.

3. Осадки: Дождь и снег могут помочь очищать воздух от загрязнений, смывая их в почву или воду. Однако, кислотные дожди также могут усугубить проблему, так как они могут содержать в себе вредные соединения, такие как серный диоксид и оксиды азота.

4. Высота слоя атмосферы: Высокие слои атмосферы смешиваются медленнее, поэтому загрязнения могут заключиться в этих слоях и находиться в воздухе дольше времени, засоряя его.

5. Влажность: Высокая влажность может способствовать образованию смога и различных аэрозольных частиц, что ухудшает качество воздуха.

6. Солнечная радиация является источником фотохимических реакций в атмосфере с образованием различных вторичных продуктов, обладающих часто

более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов [8, 9].

Существует тесная связь между метеорологическими факторами и уровнем загрязнения атмосферы. Поэтому их учет является необходимым условием для эффективного мониторинга и управления загрязнениями.

2.5 Критерии санитарно-гигиенической оценки состояния воздуха.

В соответствии с ГОСТ 17.2.1.04–77: Предельно-допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе (ПДК) - концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. ПДК является основным критерием санитарно-гигиенической оценки качества воздуха и устанавливается Министерством здравоохранения России.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений устанавливаются для двух периодов усреднения концентраций:

1. Среднесуточная ПДК (ПДКсс): Это максимально допустимое содержание вредного вещества в воздухе населенных мест, которое не оказывает негативного влияния на здоровье человека при постоянном вдыхании в течение многих лет. ПДКсс является наиболее строгим санитарно-гигиеническим нормативом, так как учитывает всех жителей и длительное воздействие. Ее значение служит эталоном для оценки качества воздуха в жилых районах.

2. Максимально разовая ПДК (ПДКмр): Это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе, которая не вызывает рефлекторных реакций в организме человека при вдыхании в течение 20 минут.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в Российской Федерации представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе (в соответствии с ГН 2.16.1338-03 и ГН 2.2.5.1314-03)

№	Вещество	ПДКсс, мг/м³	ПДКмр, мг/м³	Класс опасности
1	Монооксид углерода	3	5	4
2	Оксид азота	0,06	0,4	3
3	Диоксид азота	0,04	0,2	2
4	Диоксид серы	0,05	0,5	3
5	Озон	0,03	0,16	1
6	Аммиак	0,04	0,2	4
7	Взвешенные вещества	0,15	0,5	3

Класс опасности – это показатель, который характеризует степень опасности для человека веществ, которые загрязняют атмосферный воздух. Выделяют четыре класса опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные;
- 2 класс - высоко опасные;
- 3 класс - опасные;
- 4 класс - умеренно опасные.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

3.1 Сущность и задачи экологического мониторинга окружающей среды.

Экологический мониторинг окружающей среды представляет собой систематический процесс наблюдения и измерения изменений в природной среде. Его цель - оценить состояние экосистем, определить и прогнозировать влияние антропогенной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

Система экологического мониторинга должна систематизировать, накапливать, и анализировать информацию:

- О состоянии окружающей среды и его изменениях;
- О причинах наблюдаемых и вероятных изменениях состояния (т.е. об источниках и факторах воздействия);
- О допустимых нагрузках на среду в целом и на ее отдельных компоненты;
- О существующих резервах биосферы.

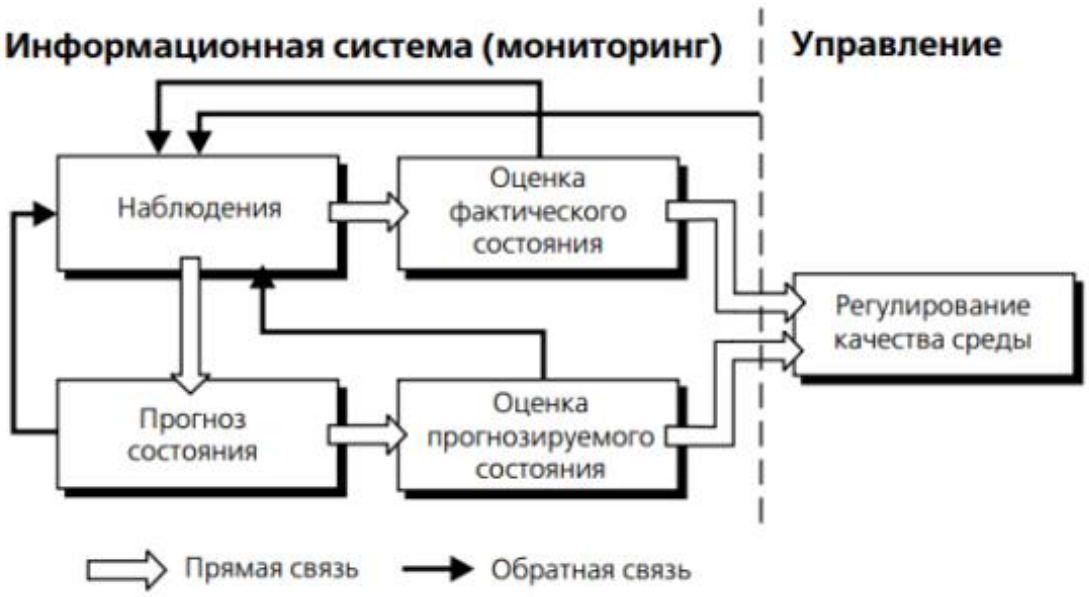

Рис.3.1 Функциональная схема системы мониторинга.

Предупреждение естественных и антропогенных изменений состояния природной среды - основная задача экологического мониторинга [13].

3.2 Структурирование и управление процессом экологического наблюдения.

Экологический мониторинг можно классифицировать по различным критериям, таким как объект наблюдения, цели и задачи, методы и средства проведения и другие. В зависимости от уровня охвата и специфики исследования, мониторинг может быть разделен на следующие виды:

1. По объекту наблюдения:

- Биологический мониторинг: изучение изменений в состоянии и распределении видов, сообществ и экосистем населения живых организмов для оценки состояния окружающей среды.
- Геохимический мониторинг: анализ химического состава почвы, воды, атмосферного воздуха для контроля загрязнения и оценки состояния окружающей среды.
- Метеорологический мониторинг: изучение изменений климатических параметров, погоды и атмосферных условий для прогнозирования и анализа климатических изменений.

2. По целям и задачам:

- Мониторинг загрязнения: изучение уровня загрязнения окружающей среды различными вредными веществами и отходами.
- Мониторинг биоразнообразия: оценка состояния и изменений в биоразнообразии популяций, видов и экосистем.
- Мониторинг изменений климата: изучение изменений в климатических показателях и их воздействие на окружающую среду и человека.

3. По периодичности и длительности:

- Ежедневный/еженедельный мониторинг: проводится с целью непрерывного контроля за состоянием окружающей среды.

- Ежегодный мониторинг: проводится для сравнения данных за разные годы и анализа долгосрочных тенденций.
- Мониторинг в рамках специальных программ и проектов: проводится для решения конкретных экологических задач и проблем.

Организация экологического мониторинга зависит от характера и масштаба исследования, а также возможностей и целей заказчика или организации, проводящей мониторинг. Обычно организация включает определение целей и задач мониторинга, разработку программы и плана наблюдения, выбор методов и средств проведения, обработку и анализ данных, подготовку отчетности и принятие соответствующих решений на основе результатов мониторинга.

Организационная часть мониторинга воздуха атмосферы:

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.01 86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов, проводится организация наблюдений за уровнем загрязнения воздуха в городах и населенных пунктах. Наблюдения производятся на посту, который представляет собой заранее выбранное для этой цели место (точку местности), на нем размещается павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами. Посты наблюдений устанавливаются трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные). Стационарный пост наблюдения – особый павильон, который оснащен специальной аппарутой для непрерывной регистрации содержания концентрации загрязняющих веществ и метеорологических параметров. Его устанавливают в местах, выбранных с учетом обязательного предварительного исследования загрязнения воздушной среды. Обычно стационарные посты устанавливают в местах постоянного пребывания людей, т. е. в городах.

Маршрутные посты наблюдения используются для отбора проб в местах, где постоянный мониторинг не требуется или невозможен из-за отсутствия стационарного поста. Для этого применяется специализированное мобильное оборудование. Маршрут объезда постов должен быть неизменным, чтобы анализ концентрации примесей проводился в установленные сроки.

Для оценки влияния конкретного источника на окружающую среду применяются передвижные посты наблюдения. Их размещают вблизи дымового (газового) факела, а выбор места отбора проб зависит от расстояния до источника.

Собранные данные используются для создания информационных отчетов, прогнозов и карт, которые передаются в природоохранные органы и средства массовой информации для информирования населения [17].

3.3 Приборы для экологического мониторинга атмосферы.

Для обнаружения и определения содержания загрязняющих веществ в атмосфере используются разнообразные высокоточные приборы. Каждый из них предназначен для измерения конкретных примесей.

Основные типы приборов для экологического мониторинга атмосферы:

- Газоанализаторы: измеряют концентрацию различных газов в воздухе.
- Датчики пыли: определяют концентрацию пыли в атмосфере.
- Лазерный дальномер — это устройство для измерения расстояния, но он не является прибором экологического мониторинга атмосферы.
- Газоанализаторы — это устройства, которые измеряют концентрацию отдельных газов в атмосфере.
- Датчики пыли – это устройства для определения концентрации пыли в воздухе.

- Лазерный дальномер - измеряет расстояние между центрами светоделительных зеркал. Два фотоприёмника и ПЗС-матрица через три аналого-цифровых преобразователя подключены к электронно-вычислительной машине.

Ключевые приборы для определения примесей в атмосфере:

Для определения содержания примесей в атмосфере важно учитывать метеорологические условия. Ключевыми приборами для этого являются:

- Барометр: измеряет атмосферное давление, что позволяет прогнозировать направление и скорость распространения загрязнений.
- Анемометр: определяет скорость ветра, что необходимо для прогнозирования распространения примесей в атмосфере.
- Гигрометр: измеряет влажность воздуха, которая также влияет на скорость распространения загрязнений.
- Радиационный термометр: измеряет температуру поверхности земли, что позволяет определить интенсивность конвективных процессов и влияние на распространение загрязнений.
- Датчики ветра: измеряют направление ветра, что необходимо для определения траектории распространения загрязнений.
- Термометр – это прибор для измерения температуры воздуха, почвы, воды и других сред. Существуют различные типы термометров, основанные на измерении разных физических величин, связанных с температурой.

3.4 Автоматизированные станции мониторинга качества воздуха в Санкт-Петербурге.

В Санкт-Петербурге функционирует автоматизированная система мониторинга качества воздуха, которая обеспечивает информацией органы власти, предприятия и жителей города. Система состоит из технического

оборудования и программного обеспечения, предназначенных для проведения государственного экологического мониторинга.

Сетевая структура:

В настоящее время в городе работает 25 автоматических станций, расположенных во всех 18 районах. Кроме того, действуют 9 стационарных постов наблюдения (СПН) и мобильные лаборатории. Станции работают в автоматическом режиме, осуществляя измерения каждые 20 минут, что позволяет получать актуальные данные о загрязнении воздуха каждый день. [15].

Адреса, где расположены автоматические станции наблюдения:

- Станция №1 - ул. Профессора Попова, д.48;
- Станция №2 - г. Колпино, плотина через Комсомольский канал, в районе ул. Колпинская;
- Станция №3 - ул. Карбышева, д.7;
- Станция №4 - ул. Будапештская, д. 7, к. 1;
- Станция №5 - пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3;
- Станция № 6 – пр. КИМа, д. 26 лит. А;
- Станция № 7 - ул. Кавалергардская, д.42, лит. К;
- Станция № 8 - ул. Новоселькovская, д. 23;
- Станция № 9 - Малая Балканская ул., д. 54;
- Станция № 10 - Московский пр., д. 19;
- Станция № 11 - г. Зеленогорск, Приморское шоссе, 570;
- Станция № 12 - Манежный пер., дом 14;
- Станция № 13 – Индустриальный пр., д.64;
- Станция № 14 – Уткин пр,. д 16;
- Станция № 15 – г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4;

- Станция № 16 - Московский пр., дом 139, корп. 2, литер А;
- Станция № 17 - г. Пушкин, Тиньков пер., д.4;
- Станция № 18 - ул. Ольги Форш, д.6;
- Станция № 19- пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1;
- Станция № 20 - ул. Тельмана, д.24;
- Станция № 21 – г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д. 3;
- Станция №22 – Канонерский остров, д. 21, стр. 1;
- Станция №23 – пр. Динамо, д. 44;
- Станция №24 – В.О. Средний пр., д. 74;
- Станция №25 – пос. Металлострой, Железнодорожная ул., д. 13.

Схема расположения станций мониторинга качества атмосферы в Санкт-Петербурге показана на рисунке 3.2.

Рис. 3.2 - Схема размещения автоматических станций

Станции определяют концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, источниками которых являются предприятия теплоэнергетики, промышленность и автотранспорт, оказывающие наиболее существенное влияние на экологическую ситуацию в Санкт-Петербурге:

- Оксид и диоксид азота (NO и NO_2);
- Оксид углерода (CO);
- Диоксид серы (SO_2);
- Аммиак (NH_3);
- Озон (O_3);

- Взвешенные вещества (пыль фракций 10 и 2.5 мкм).

Данные мониторинга воздуха в Санкт-Петербурге передаются в Комитет по природопользованию для обработки и анализа с помощью программных комплексов Airviro и государственной информационной системы «Экологический паспорт Санкт-Петербурга».

"Экологический паспорт Санкт-Петербурга" - государственная информационная система в сфере охраны окружающей среды и природопользования Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга. Он предназначен для сбора, хранения и обеспечения различных групп пользователей информацией о состоянии окружающей среды и природно-ресурсного потенциала; об уровне техногенного воздействия на окружающую среду; потенциально экологически опасных объектах; об объектах, подлежащих государственному экологическому контролю; природных и антропогенных процессах, представляющих потенциальную угрозу для жизни людей и хозяйственной деятельности на данной территории [19].

Станция состоит из двух основных частей: измерительного комплекса и комплекса обеспечения.

Измерительный комплекс включает технические средства для определения концентрации загрязняющих веществ, взвешенных частиц в воздухе, а также для контроля метеорологических параметров.

Комплекс обеспечения включает:

- Экологический павильон: обеспечивает защиту от внешних воздействий, несанкционированного доступа, а также создает благоприятные условия для работы оборудования с помощью системы отопления и кондиционирования. В павильоне установлена система пожарной и охранной сигнализации,

которая передает информацию о нештатных ситуациях в соответствующие службы.

- Размеры: 3300×2350×2350 мм
- Масса: не более 2500 кг
- Материал: высокотехнологичные материалы с сертификатами пожарной и гигиенической безопасности.
- Установка: на бетонный фундамент, подключена к заземлению и электросети.

- Электропитание: осуществляется от однофазной сети 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность не превышает 5 кВА.

В измерительный комплекс станции могут быть установлены приборы, как отечественного производства, так и зарубежного производства, например:

- Газоанализатор CO, модель К-100 или модель 300E TELEDYNE-APL;
- Газоанализатор NO/NO_2, модель Р-310А или модель 200 TELEDYNE-APL;
- Газоанализатор SO_2, модель С-310А или модель 100E TELEDYNE-APL;
- Анализатор пыли, модель ДАСТ или модель F-701 VEREWA;
- Метеостанция
- Регистратор данных.

Измеренные станцией данные могут быть представлены в виде таблиц суточных данных, в графическом виде, сводной таблице данных за месяц, формируется архив данных. Пользователь может получать информацию с измерительного комплекса посредством Internet, локальных сетей, или телефонных каналов [16].

Газоаналитическое оборудование:

Выбор газоаналитического оборудования осуществляется исходя из необходимости определения конкретных загрязняющих веществ и диапазонов их концентрации.

В системах мониторинга атмосферы применяются как отечественные газоанализаторы (ЗАО «ОПТЭК»), так и зарубежные (TELEDYNE — API).

Пример газоанализатора:
Стационарный электрохимический газоанализатор концентрации CO К-100. Это автоматический прибор, предназначенный для непрерывного измерения концентрации оксида углерода (CO) в атмосфере.

Принцип работы:

Газоанализатор использует химические сенсоры, которые взаимодействуют с анализируемым воздухом, выделяя оксид углерода.

Выходные данные:

Информация о концентрации CO выводится по каналам RS-232, RS-485 и токовому аналоговому выходу (0-5 или 4-20 мА). Прибор также осуществляет сбор, усреднение и запись данных в свою память.

Хемилюминесцентный газоанализатор NO и NO_2 в атмосферном воздухе (Р-310А).

Газоанализатор Р-310А - это автоматический стационарный прибор, который непрерывно следит за составом газовых смесей.

Его принцип работы основан на явлении гетерогенной хемилюминесценции. Сенсор прибора - это твердотельный элемент, который реагирует на анализируемый газ. В результате этой реакции возникает свечение (люминесценция), интенсивность которого прямо пропорциональна

концентрации газа в исследуемой смеси.

Встроенный термодиффузионный калибратор обеспечивает высокую точность измерений. Газоанализатор работает в полностью автоматическом режиме, не требуя участия оператора.

В приборе предусмотрена возможность подключения самопишущих приборов, например, потенциометров, установлены интерфейсы RS-232 и RS-485, дополнительный токовый выход 0-5 мА (или 4-20 мА). В газоанализаторе предусмотрены до 4-х групп сухих контактов, которые устанавливаются по специальному требованию.

Диапазон измеряемых концентраций NO, NO_2:0-1 мг/м³; Разрешение прибора -0.001 мг/м³ [21].

Применяемые приборы сертифицированы и внесены в Государственный реестр средств измерений РФ.

Анализаторы пыли:

При создании станций контроля атмосферы нашли применение анализаторы пыли:

- «ДАСТ», Россия;
- F-701-20 VEREWA, Германия;
- BAM-1020, Met One instruments, США;
- EDM-180, Россия.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.

4.1 Анализ средних значений загрязняющих веществ.

Данные, использованные в исследовании, получены с официального экологического портала Санкт-Петербурга [15] и доступны всем.

Данные представляют собой среднесуточные концентрации загрязняющих веществ, выраженные в долях среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДКсс).

Для удобства анализа, среднесуточные данные были усреднены до среднемесячных значений.

Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ, таких как CO, NO_2, O_3, PM2.5 и PM10 за июнь, июль, август, представлены в таблицах №4.1-4.3.

Таблица 4.1 – Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за июнь

№ станции	Загрязняющее вещество				
	CO	NO_2	O_3	PM10	PM2.5
1	0,17	0,24			0,21
2	0,08	0,18	0,43		*
3	0,08	0,26		0,11	
4	*	*		*	
5	*	*		*	
6	0,1	0,34			
7	*	*	*	*	
8	0,11	0,38	0,42	0,34	
9	0,11	0,31	0,47	0,17	
10	0,08	0,11			
11	0,07	0,17	0,44		0,18
12	0,08	*			
13	0,1	*		0,19	
14	0,1	0,27	0,46	0,08	
15	0,1	0,09	0,51		0,16
16	*	*			*
17	*	*	*	*	
18	0,08	0,22	0,38	0,1	
19	0,1	0,1	0,41	0,27	
20	0,14	0,17		0,15	
21	0,09	0,09		0,12	
22	0,08	0,16			0,17
23	0,12	0,26	0,29		0,18
24	0,08	0,18	0,53		0,25
25	0,1	0,17	0,61	0,05	

* - *По техническим причинам измерения не проводились*.

Таблица 4.2 – Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за июль

№ станции	Загрязняющее вещество				
	CO	NO_2	O_3	PM10	PM2.5
1	0,16	0,22			0,31
2	0,06	0,18	0,38		*
3	0,08	0,18		0,07	
4	*	*		*	
5	*	*		*	
6	0,11	0,25			
7	*	*	*	*	
8	0,11	0,38	0,41	0,31	
9	0,11	0,28	0,49	0,16	
10	0,05	0,10			
11	0,08	0,21	0,43		0,16
12	0,08	*			
13	0,10	*		0,14	
14	0,09	0,13	0,51	0,07	
15	0,10	0,08	0,56		0,12
16	*	*			*
17	0,08	0,11	0,56	0,12	
18	0,07	0,15	0,39	0,08	
19	0,10	0,08	0,41	0,13	
20	0,11	0,15		0,12	
21	0,09	0,06		*	
22	0,08	0,08			0,15
23	0,11	0,24	0,32		0,20
24	0,07	0,13	0,54		0,16
25	0,09	0,23	0,52	0,15	

* - *По техническим причинам измерения не проводились.*

Таблица 4.3 – Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за август

№ станции	Загрязняющее вещество				
	CO	NO_2	O_3	PM10	PM2.5
1	0,16	0,21			0,18
2	0,07	0,17	0,48		*
3	0,08	0,25		0,1	
4	*	*		*	
5	*	*		*	
6	0,10	0,28			
7	*	*	*	*	
8	0,09	0,41	0,44	0,35	
9	0,10	0,25	0,5	0,18	
10	0,07	0,1			
11	0,08	0,21	0,46		0,19
12	0,08	*			
13	0,09	*		0,17	
14	0,09	0,13	0,48	0,08	
15	0,1	0,07	0,54		0,18
16	*	*			*
17	0,08	0,11	0,55	0,11	
18	0,07	0,18	0,38	0,11	
19	0,08	0,13	0,07	*	
20	0,12	0,14		0,15	
21	0,09	0,07		*	
22	*	*			*
23	0,11	0,23	0,52		0,19
24	0,07	0,17	0,51		0,26
25	0,09	0,19	0,49	0,16	

* - *По техническим причинам измерения не проводились.*

Таблица 4.4 - Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за летний период.

№ станции	Загрязняющее вещество				
	CO	NO_2	O_3	PM10	PM2.5
1	0,16	0,22			0,23
2	0,07	0,18	0,43		*
3	0,08	0,23		0,09	
4	*	*		*	
5	*	*		*	
6	0,10	0,29			
7	*	*	*	*	
8	0,10	0,39	0,4	0,34	
9	0,11	0,28	0,49	0,17	
10	0,07	0,10			
11	0,08	0,20	0,44		0,18
12	0,08	*			
13	0,10	*		0,17	
14	0,09	0,18	0,48	0,08	
15	0,10	0,08	0,54		0,15
16	*	*			*
17	0,08	0,11	0,56	0,11	
18	0,07	0,18	0,39	0,10	
19	0,09	0,10	0,30	0,20	
20	0,12	0,14		0,15	
21	0,12	0,16		0,14	
22	0,08	0,12			0,16
23	0,11	0,24	0,44		0,19
24	0,07	0,16	0,53		0,22
25	0,09	0,19	0,54	0,12	

* - *По техническим причинам измерения не проводились.*

По данным таблиц №4.1-4.3 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2, O_3. Они представлены на рисунках 3.1–3.3.

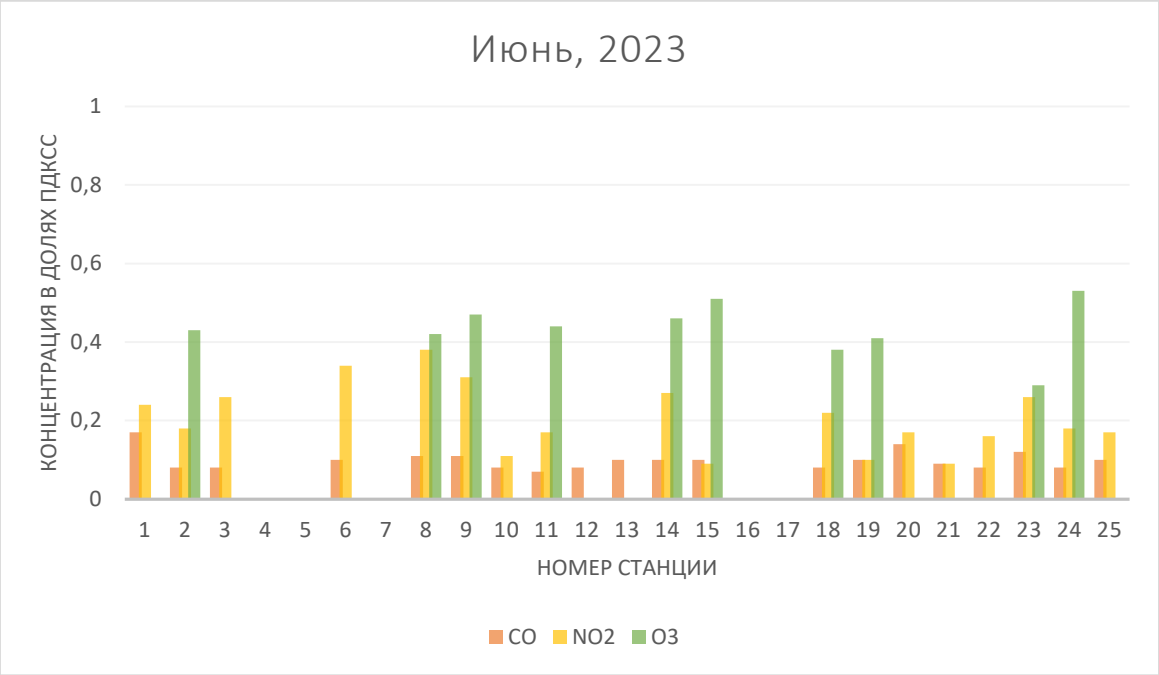

Рис. 4.1 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2, O_3 в июне 2023 года

Максимальное значение концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,24 ПДКсс.

Максимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новоселькovская, д. 23) и составляло 0,38 ПДКсс

Максимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр., д.74) и составляло 0,53 ПДКсс

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №11 (г. Зеленогорск, Приморское шоссе, 570) и составляло 0,07 ПДКсс

Минимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №21 (г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д.3) и составляло 0,09 ПДКсс

Минимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №23 (пр. Динамо, д. 44) и составляло 0,29 ПДКсс

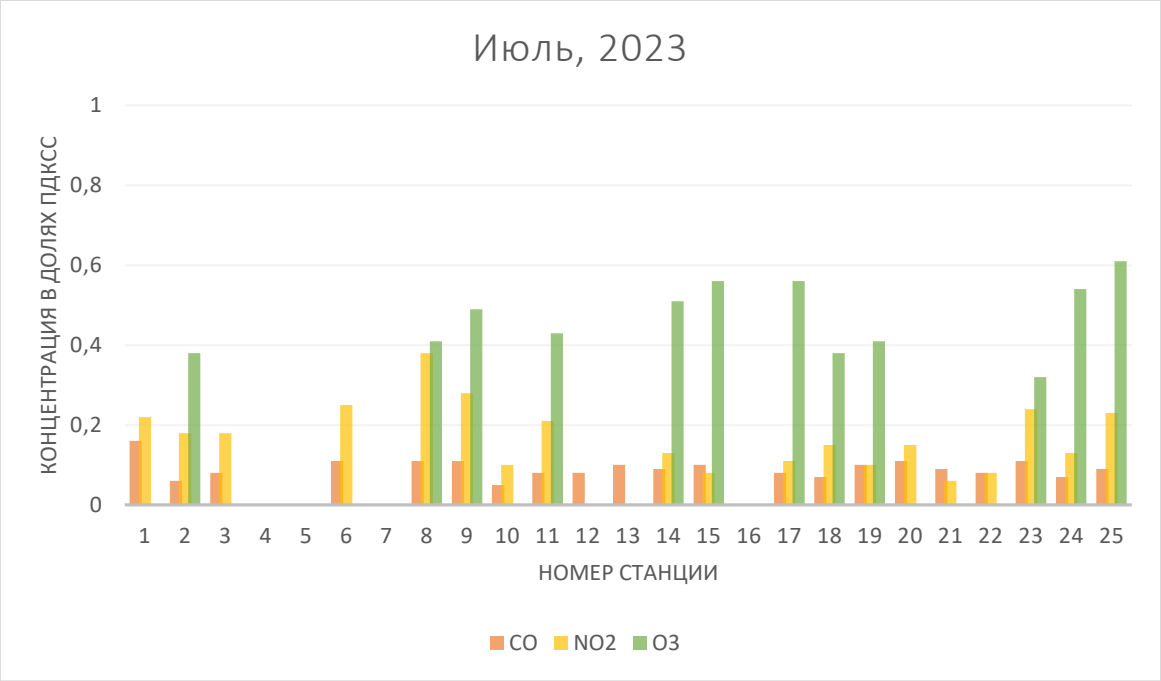

Рис. 4.2 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2, O_3 в июле 2023 года.

Максимальное значение концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,16 ПДКсс.

Максимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новоселькovская, д. 23) и составляло 0,38 ПДКсс

Максимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №25 (пос. Металлострой, ул. Железнодорожная, д.13) и составляло 0,61 ПДКсс

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №10 (Московский пр., д.19) и составляло 0,05 ПДКсс

Минимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №21 (г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д.3) и составляло 0,06 ПДКсс

Минимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №23 (пр. Динамо, д. 44) и составляло 0,32 ПДКсс

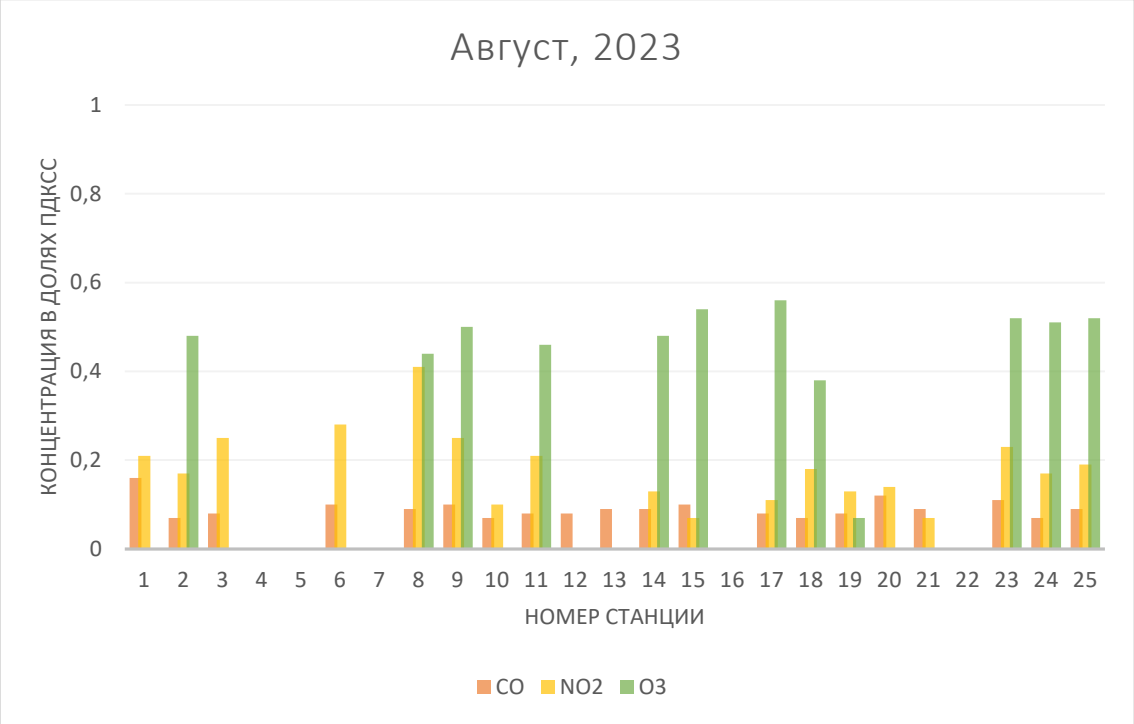

Рис. 4.3 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2, O_3 в августе 2023 года.

Максимальное значение концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,16 ПДКсс.

Максимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новоселькovская, д. 23) и составляло 0,41 ПДКсс

Максимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 0,56 ПДКсс

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №10 (Московский пр., д.19) и составляло 0,07 ПДКсс

Минимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №21 (г. Ломоносов, ул. Федюнинского, д.3) и составляло 0,07 ПДКсс

Минимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №18 (ул. Ольги Форш, д.6) и составляло 0,38 ПДКсс

По данным таблиц №4.1-4.3 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ PM2,5 и PM10. Они представлены на рисунках №4.4–4.6

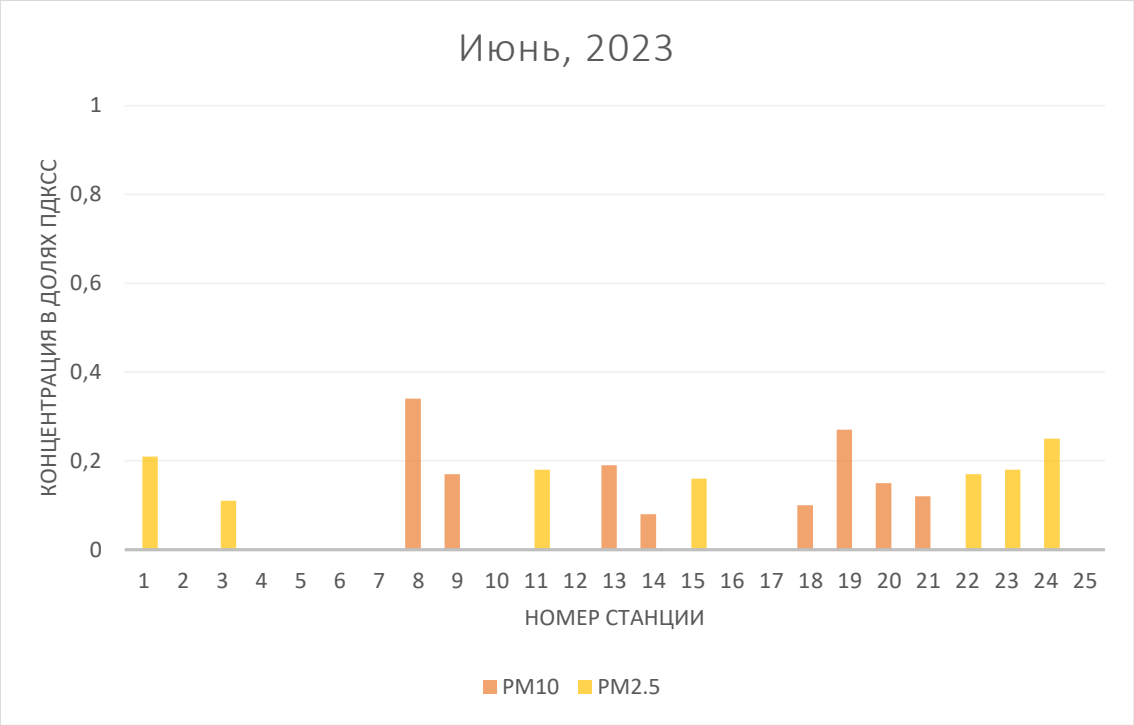

Рис. 4.4 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в июне 2023 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр., д.74) и составляло 0,25 ПДКсс

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, д. 23) и составляло 0,34 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №3 (ул. Карбышева, д.7) и составляло 0,11 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №14 (Уткин пр., д. 16) и составляло 0,08 ПДКсс

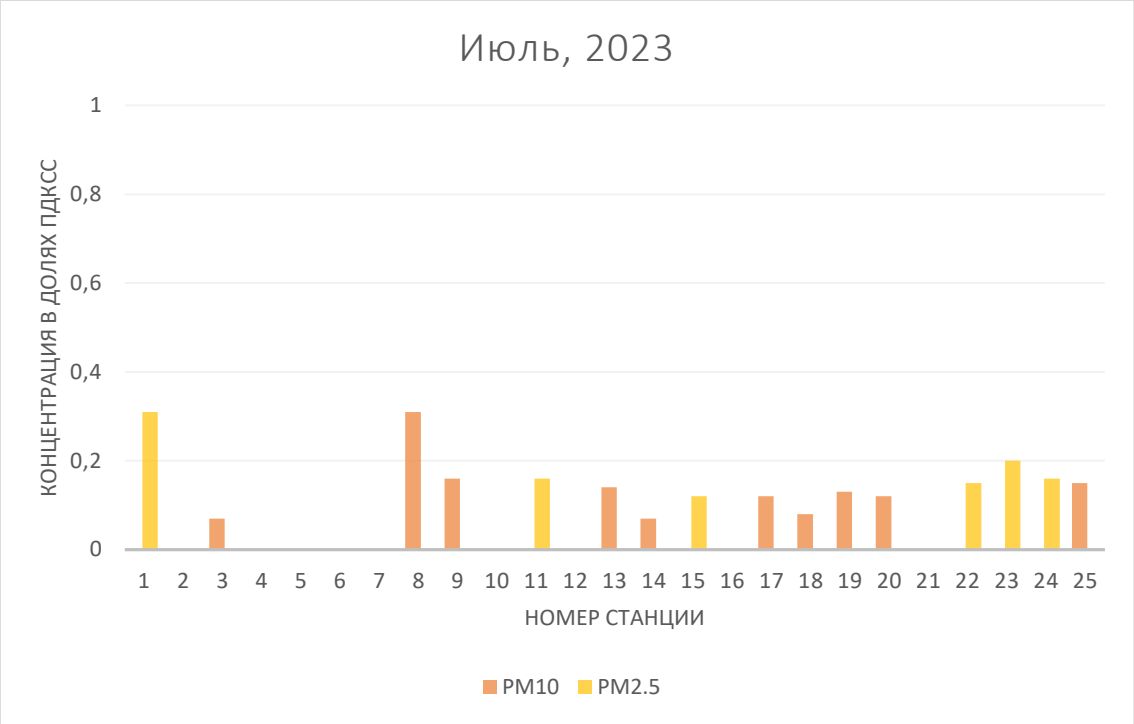

Рис.к 4.5 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в июне 2023 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,31 ПДКсс

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новоселькovская, д. 23) и составляло 0,31 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №15 (г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4) и составляло 0,12 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №14 (Уткин пр., д. 16) и составляло 0,07 ПДКсс

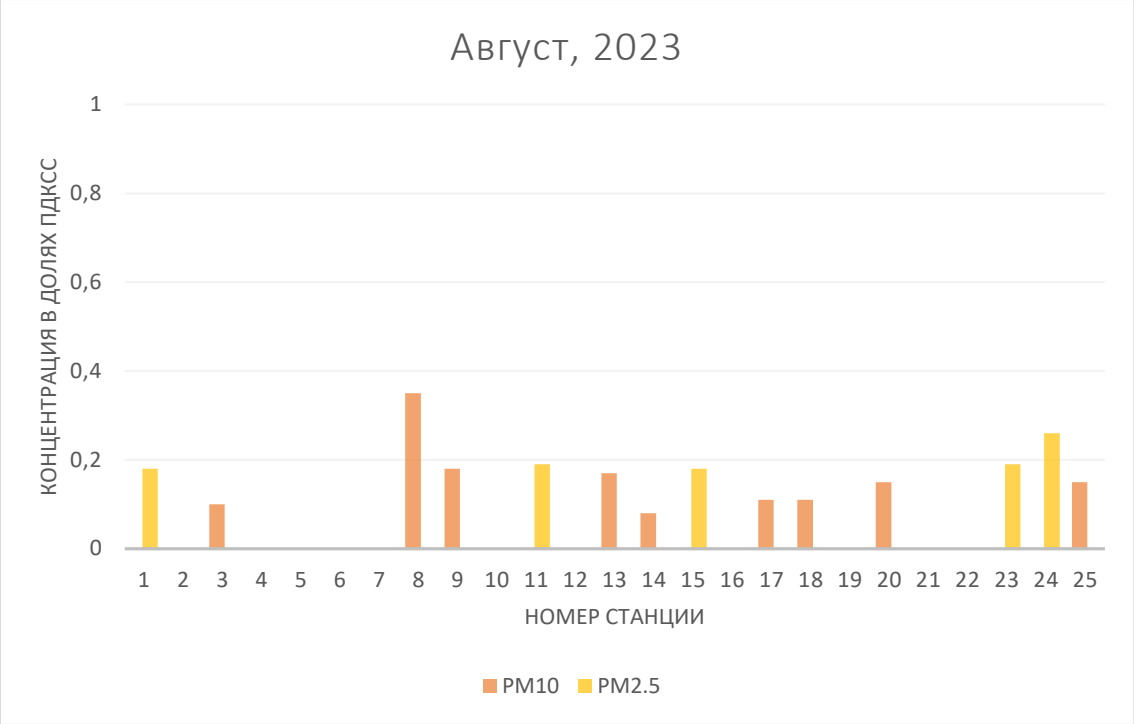

Рис. 4.6 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в августе 2023 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр., д.74) и составляло 0,26 ПДКсс

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новоселькovская, д. 23) и составляло 0,35 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №15 (г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4) и составляло 0,18 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №14 (Уткин пр., д. 16) и составляло 0,08 ПДКсс

Таким образом, июнь стал самым загрязненным месяцем в году, чему поспособствовали климатические факторы, увеличившие количество загрязняющих веществ и пыли в атмосфере.

По результатам анализа данных за весь год, были составлены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2 и O_3. Эти диаграммы, представленные на рисунках 4.7-4.8, основаны на данных таблиц №4.4 и дают наглядное представление о загрязнении атмосферы Санкт-Петербурга.

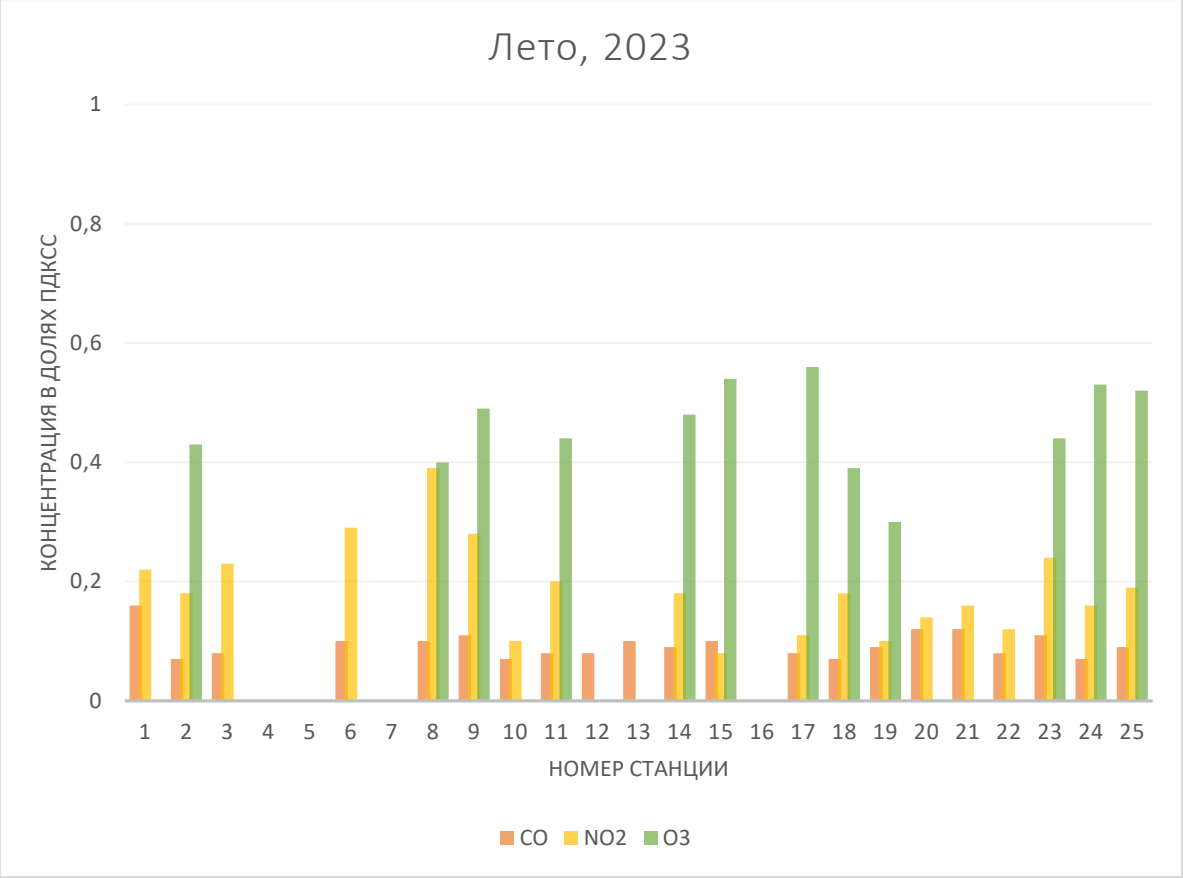

Рис. 4.7 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO_2, O_3 летом 2023 года.

Максимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,16 ПДКсс

Максимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, д. 23) и составляло 0,39 ПДКсс

Максимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 0,56 ПДКсс

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №18 (ул. Ольги Форш, д.6) и составляло 0,07 ПДКсс

Минимальные значения концентрации NO_2 наблюдалось:

- На станции №10 (Московский пр., д.19) и составляло 0,1 ПДКсс

Минимальные значения концентрации O_3 наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, д.167, к 6/1) и составляло 0,3 ПДКсс

По данным таблиц №4.4 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ PM2,5 и PM10. Они представлены на рисунке 4.8.

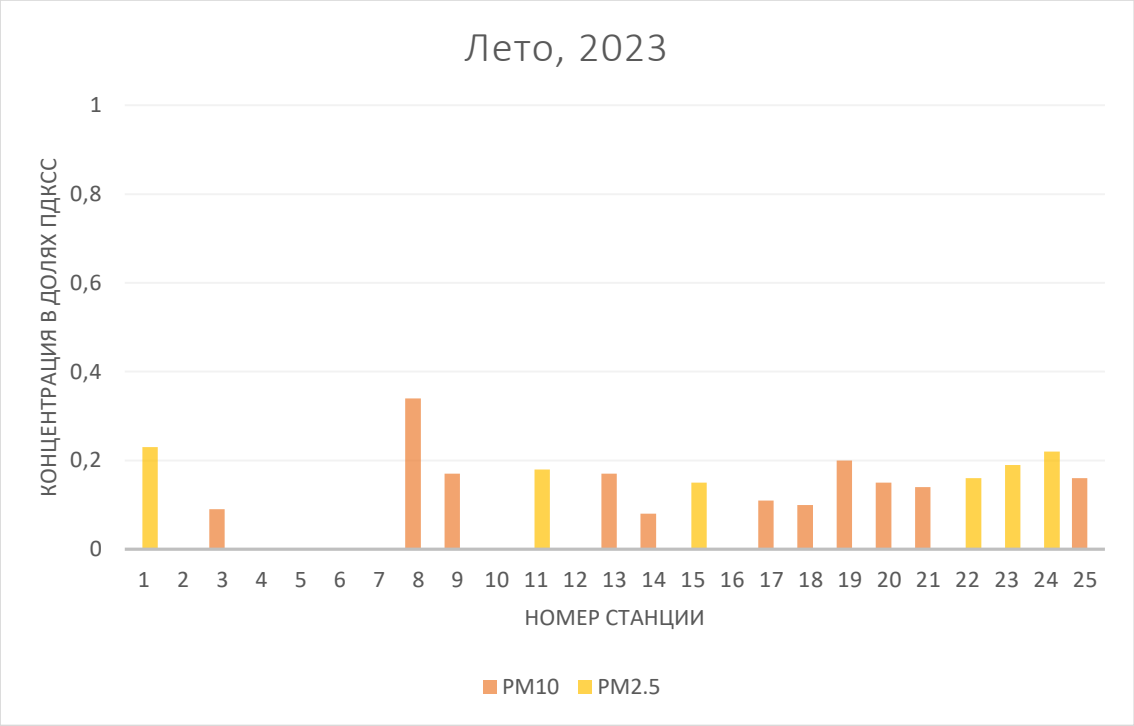

Рис. 4.8 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 летом 2023 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,23 ПДКсс

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, д. 23) и составляло 0,34 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №15 (г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4) и составляло 0,15 ПДКсс

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №14 (Уткин пр., д. 16) и составляло 0,08 ПДКсс

В таблице номер 4.5 представлены максимальное и минимальные значения концентраций загрязняющих веществ

Таблица 4.5 – Максимальные и минимальные значения концентраций загрязняющих веществ

Месяц	Максимальные значения концентраций загрязняющих веществ					Минимальные значения концентраций загрязняющих веществ				
	CO	NO_2	O_3	PM2.5	PM10	CO	NO_2	O_3	PM2.5	PM10
Июнь	№1	№8	№24	№24	№8	№11	№21	№23	№3	№14
Июль	№1	№8	№25	№1	№8	№10	№21	№21	№15	№14
Август	№1	№8	№17	№24	№8	№10	№21	№21	№15	№14

Анализ данных таблицы 4.5 показал, что станция №8, расположенная на улице Новосельковской, дом 23, является наиболее загрязненной. Эта станция находится вблизи центра города, где наблюдается высокая концентрация автомобилей, строительных работ и других источников загрязнения воздуха.

Использование отопительных систем в домах и на предприятиях также способствует загрязнению.

К тому же, на станции №8 проживает много людей, что увеличивает нагрузку на атмосферу.

Ежедневные поездки на работу и учебу на личном транспорте

дополнительно ухудшают качество воздуха.

Помимо всего прочего, станция №8 зафиксировала наибольшую концентрацию пыли.

Станция №21, расположенная в городе Ломоносове на улице Федюнинского, дом 3, отличается низким уровнем загрязнения воздуха.

Причинами благоприятной экологической обстановки являются:

- близость к паркам;
- небольшое количество жителей;
- наличие вблизи Невской губы, которая увлажняет воздух и снижает концентрацию пыли и загрязняющих веществ.

Станция №14 на Уткином проспекте, дом 16, также демонстрирует минимальные показатели загрязнения.

Расположение станции рядом с рекой Охтой, отсутствие интенсивного движения транспорта и наличие зеленых насаждений способствуют чистоте воздуха.

На этой станции была зафиксирована самая низкая концентрация пыли.

4.2 Построение поля пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ.

Для более эффективного анализа и наглядности был использован программный пакет "Surfer", с помощью которого были построены изолинии и трехмерные модели пространственного распределения загрязняющих веществ CO и NO_2 для каждого месяца и за весь период проведения летнего исследования.

Kriging - это метод геостатистического анализа, который предсказывает значения в неизвестных точках на основе известных значений в соседних

точках. В этом методе значение неизвестной переменной в точке рассчитывается как линейная комбинация значений этой переменной в соседних точках с весами, зависящими от расстояния до соседних точек и модели пространственной автокорреляции. Surfer автоматически вычисляет прогнозы в неизвестных точках, используя их координаты и расстояния до соседних точек, после чего веса, используемые для комбинирования значений в каждой точке кривой. Коэффициенты взвешивания строятся на основе модели пространственной корреляции значений исследуемой переменной в области и учитывают предпочтительные направления распределения этой переменной на поверхности.

На рисунках 4.9-4.11 представлены изолинии распределения CO и объёмная модель этих распределений за июнь, июль, август.

а) б)

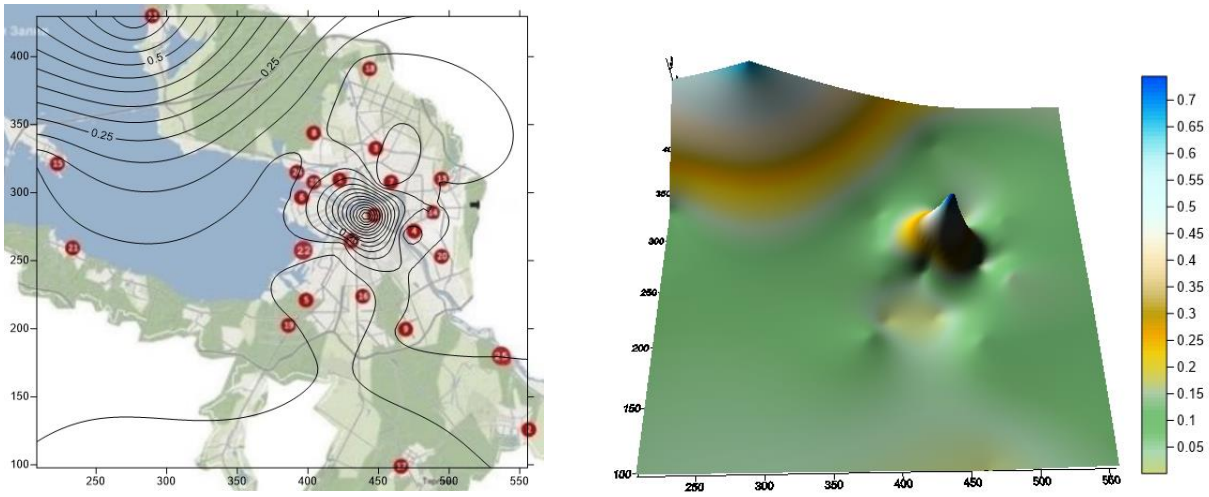

Рис. 4.9. Пространственное распределение CO за июнь
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Анализируемые данные представлены в виде долей ПДКсс, поэтому все значения, которые не превышают 1, являются приемлемыми.

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях

концентрация CO не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,05 до 0,7 ПДКсс. Наибольшее значение было зарегистрировано на станции №1, расположенной по адресу: ул. Профессора Попова, д.48, в Петроградском районе города. Самым наименее загрязненным оказался Курортный район.

а) б)

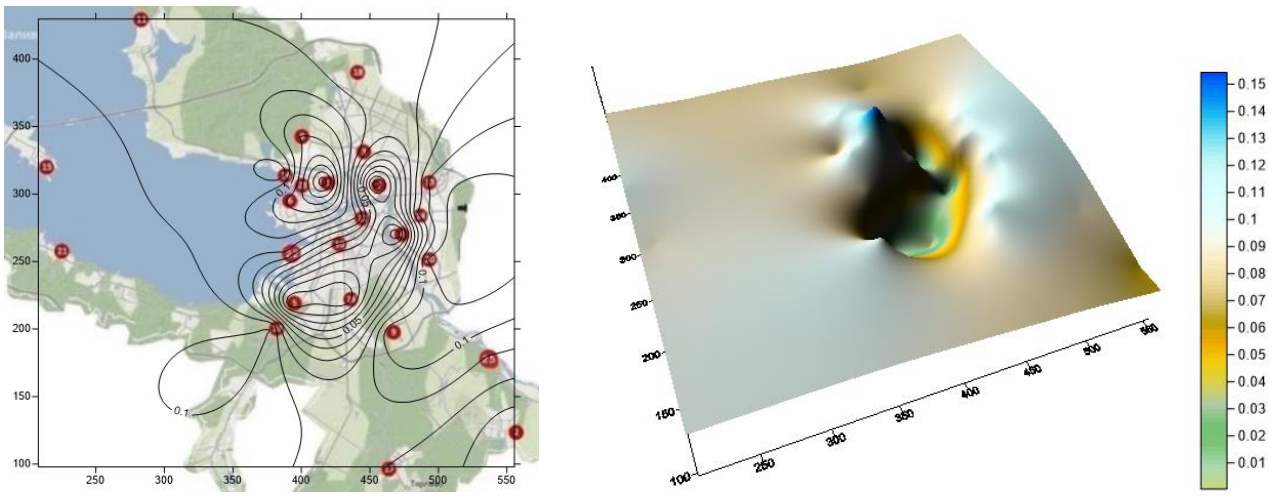

Рис. 4.10. Пространственное распределение CO за июль
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях концентрация CO не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,01 до 0,15 ПДКсс. Выделить максимум можно на станции №1, расположенной по адресу: ул. Профессора Попова, д.48, в Петроградском районе города. Самым наименее загрязненным оказался Адмиралтейский район, где расположена станция №10.

а) б)

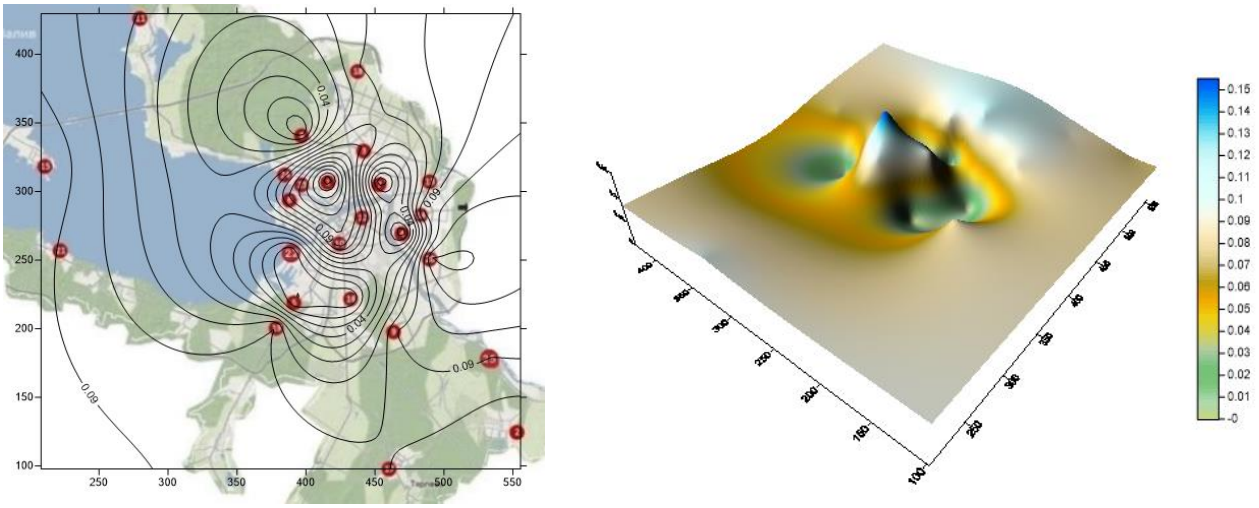

Рис. 4.11. Пространственное распределение CO за август

а) изолинии; б) 3D изображение распределения

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях концентрация CO не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,01 до 0,15 ПДКсс. Выделить максимум можно на станции №1, расположенной по адресу: ул. Профессора Попова, д.48, в Петроградском районе города. Самым наименее загрязненным оказался Адмиралтейский район, где расположена станция №10.

На рисунке 4.12 представлено пространственное распределение CO за летний период 2023 года.

а) б)

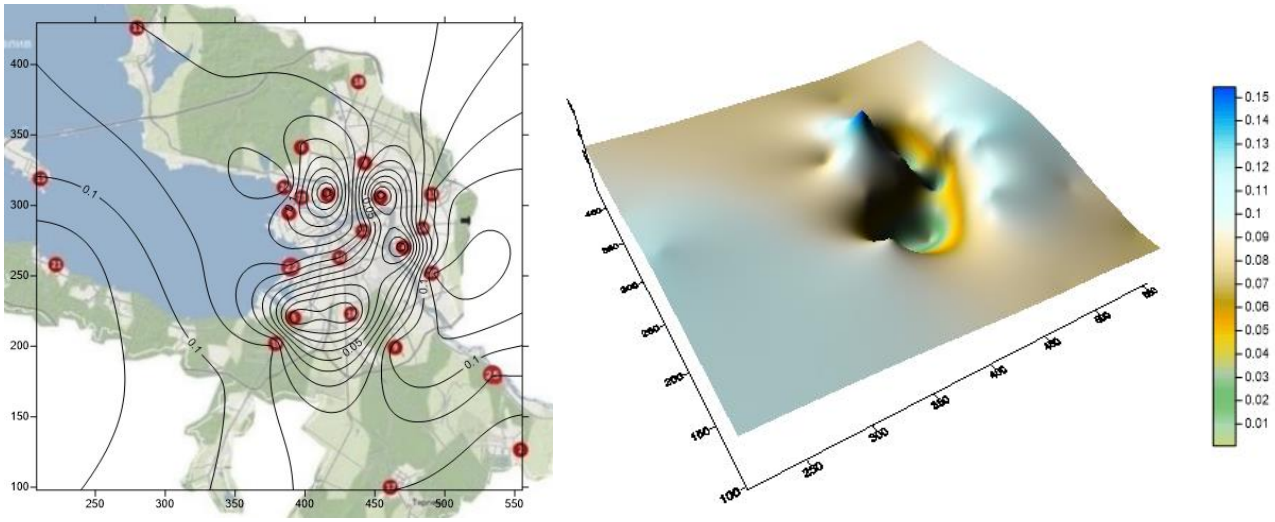

Рис. 4.12. Пространственное распределение CO за лето 2023
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции за весь летний период концентрация CO не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,01 до 0,7 ПДКсс. Выделить максимум можно на станции №1 расположенной по адресу: ул. Профессора Попова, д.48, в Петроградском районе города, наиболее загрязненным оказался Невский и Центральные районы, а наименее – Курортный район.

Средние значения загрязняющих веществ за летний период показывают, что Невский, Петроградский и Центральный районы являются самыми загрязненными. Однако среднее максимальное значение концентрации в долях ПДК в летний период составляет 0,15 ПДКсс, что находится в пределах допустимых значений.

На рисунках 4.13-4.15 представлены изолинии распределения NO_2 и объёмная модель этих распределений за июнь, июль, август.

а) б)

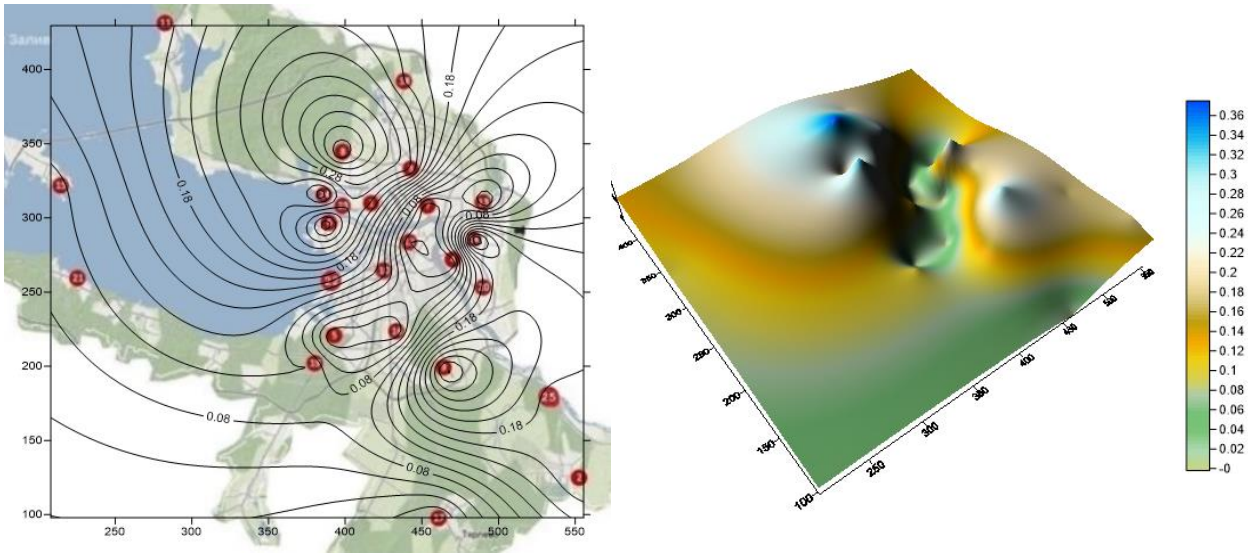

Рис. 4.13. Пространственное распределение NO_2 за июнь
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях концентрация NO_2 не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,02 до 0,36 ПДКсс. Выделить максимум можно на станции №8, расположенная по адресу ул. Новосельковская, д. 23, недалеко от центра города. Самым наименее загрязненным оказался Ломоносовский район, где расположена станция №21.

а) б)

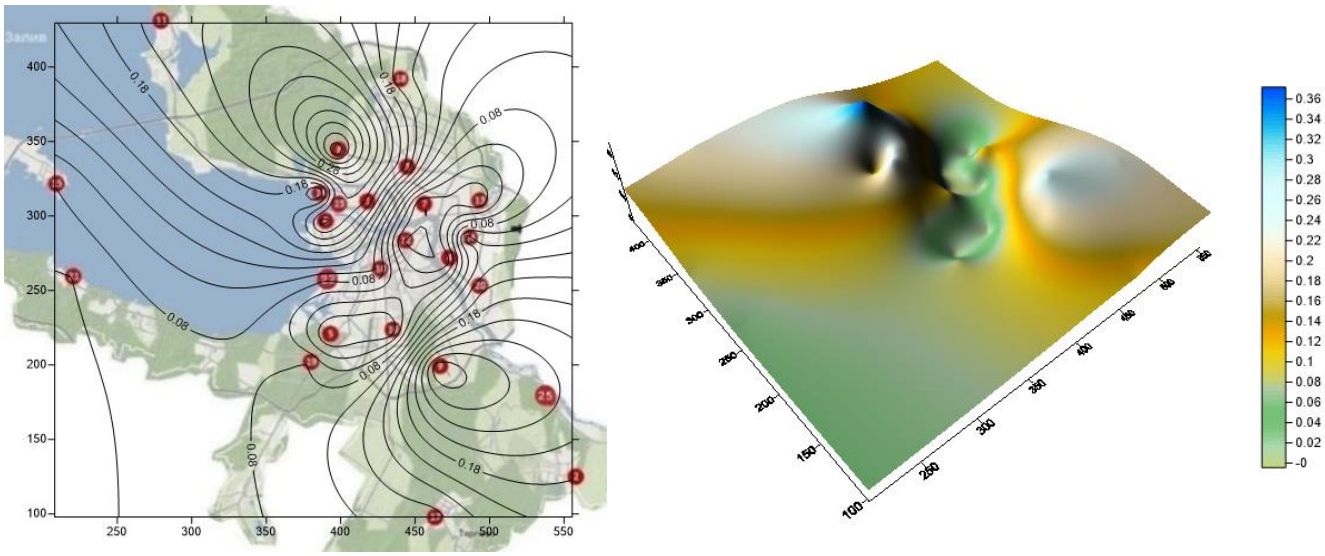

Рис. 4.14. Пространственное распределение NO_2 за июль
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях концентрация NO_2 не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,02 до 0,36 ПДКсс. Максимальные значения были на станции №8, которая расположена по адресу ул. Новосельковская, д. 23, недалеко от центра города. Самым наименее загрязненным оказался Ломоносовский район, где расположена станция №21.

а) б)

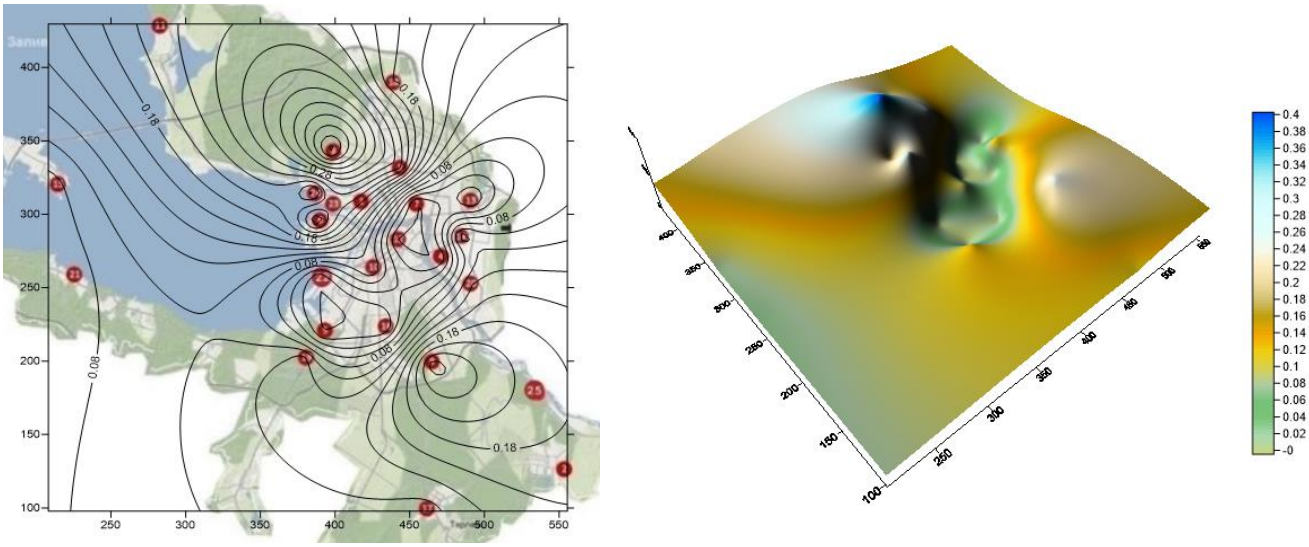

Рис. 4.15. Пространственное распределение NO_2 за август
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

По данным графиков можно сделать вывод, что на всех станциях концентрация NO_2 не превышала установленную норму. Значения концентрации варьировались от 0,02 до 0,4 ПДКсс. Максимальные значения были на станции №8, которая расположена по адресу ул. Новосельковская, д. 23, недалеко от центра города. Самым наименее загрязненным оказался Ломоносовский район, где расположена станция №21.

а) б)

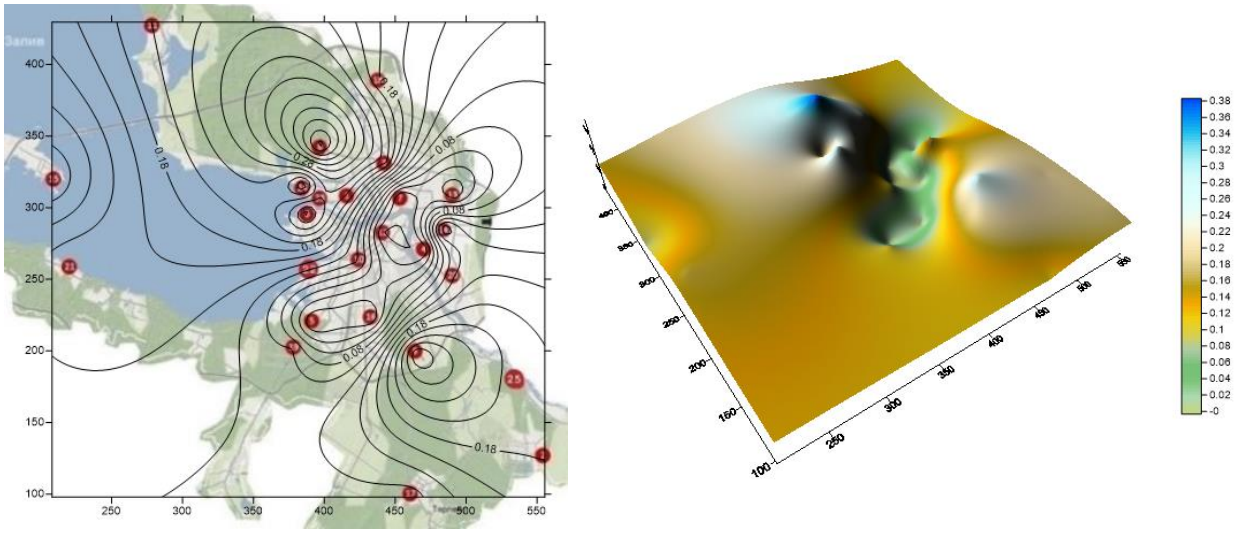

Рис. 4.16. Пространственное распределение NO_2 за лето 2023
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции за весь летний период концентрация NO_2 не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,02 до 0,4 ПДКсс. №8, которая расположена по адресу ул. Новоселькovская, д. 23, недалеко от центра города, наиболее загрязненным оказался Калининский район, а наименее – Ломоносовский район, поскольку находится в лесной зоне с обилием растений, которые поглощают часть загрязняющих веществ. Рассчитанные средние показатели загрязняющих веществ летом подтверждают, что самые загрязненные районы – Калининский, Центральный и Петроградский, хотя превышение допустимого уровня не было зафиксировано ни в одном районе.

4.3 Определение зависимости между распределением загрязняющих веществ в атмосфере и метеорологическими параметрами.

Чтобы понять, как метеорологические условия влияют на распределение загрязнителей, нужно учесть климатические особенности сезона и погоду в конкретные месяцы.

Для более точного анализа мы будем использовать данные ФГБУ "Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды" [17].

Ленинградская область характеризуется умеренным климатом, сочетающим черты как океанического, так и континентального. Зима здесь мягкая, а лето - теплое. В летние месяцы (июнь-сентябрь) обычно стоит умеренно теплая погода, со средней температурой от 14°C до 17°C. Самым теплым месяцем считается июль.

Летом наблюдается повышенное количество осадков. Сильные ливни, грозы, град и шквалы чаще всего возникают из-за развития конвективных облаков, как на атмосферных фронтах, так и в неустойчивых влажных воздушных массах.

Повышение скорости ветра обычно характерно для кратковременных шквалов, а спокойная погода (штиль) чаще всего встречается именно летом.

Обзор погоды в июне 2023 года: в первой и третьей декадах июня формирование погодных условий в Ленинградской области происходило преимущественно под воздействием процессов циклонического характера, во второй декаде месяца преобладающими были антициклонические процессы. Температурный фон в первой декаде июня был пониженным относительно

климатической нормы, во второй и третьей декадах месяца превышал климатические показатели.

Большую часть первой декады июня погодные условия формировались под влиянием тыловых частей циклонов, траектории смещения которых проходили севернее и восточнее Ленинградской области. Прохождение через районы атмосферных фронтов, связанных с этими циклонами, сопровождалось дождями, различными по интенсивности. 2, 3 и 8 июня температура воздуха в ночной период понижалась до 0…+5 градусов, в отдельных районах наблюдались заморозки до -1…-3 градусов. В остальные ночи периода температуры воздуха находились в пределах +5…+10 градусов. Дневные температуры повышались от +10…+15 градусов в первые дни месяца до +14…+19 градусов к концу первой декады.

Формирование над Скандинавией 9 июня ядра высокого давления и распространение его на большую часть ЕТР стало началом длительного периода антициклонических воздействий. На период с 9 по 21 июня установилась солнечная и сухая погода. Первые ночи периода еще были холодными. Температура воздуха понижалась до +2…+7 градусов, в отдельных районах 10 и 11 июня наблюдались заморозки до -1 градуса. Дневные температуры воздуха при этом составляли +13…+18 градусов. В последующие дни преобладающие ночные температуры воздуха находились в пределах +8…+13 градусов, в отдельные ночи местами еще понижались до +2…+7 градусов. Дневной прогрев составлял +23…+28 градусов, лишь отдельные дни были немного прохладнее.

В начале третьей декады месяца произошла перестройка атмосферной циркуляции. Преобладающими стали циклонические воздействия. Ежедневно, в основном, в дневные часы, отмечались кратковременные дожди, в отдельных районах ливни, грозы. Преобладающие температуры воздуха в ночные часы составляли +10…+15 градусов. Преобладающие дневные температуры воздуха находилась в пределах +23…+28 градусов, за исключением 23-24 июня, когда в тыловой части циклона температура воздуха днем не превысила +18…+23

градуса.

В целом за июнь аномалия среднемесячной температуры воздуха по станциям Ленинградской области составила -0,8…+1,2 градуса. Месячная сумма осадков составила в большинстве районов области 35-89% от климатической нормы.

В Санкт-Петербурге по данным метеостанции Санкт-Петербург, расположенной в Петроградском районе города, среднемесячная температура воздуха составила +17,3 градуса, что на 1,2 градуса выше климатической нормы. Месячная сумма осадков составила 47,2 мм или 68% от климатической нормы. Суммарная за месяц продолжительность солнечного сияния составила 342,2 часа или 134,7% от климатической нормы.

Обзор погоды в июле 2023 года: большую часть первой декады июля формирование погодных условий в Ленинградской области происходило под влиянием североатлантических циклонов, которые смещались на север ЕТР. В первые дни июля траектории циклонов проходили непосредственно через районы Ленинградской области, в последующие дни немного севернее нее. Каждый день отмечались дожди различной интенсивности. Преобладающие температуры воздуха в ночной период составляли +10…+15 градусов. Преобладающие дневные температуры воздуха находились в пределах +18…+23 градуса, лишь 1 и 6 июля дневной прогрев составил +21…+26 градусов.

Формирование над севером Скандинавии в гребне Арктического антициклона ядра высокого давления и распространение его на северо-запад ЕТР ненадолго прервало череду циклонических воздействий. 9 июля в тылу заключительного циклона серии в отдельных районах области еще отмечались кратковременные дожди, местами ливни, а уже 10-11 июля было солнечно и сухо. Заток холодного арктического воздуха обусловил заметное понижение температурного фона. В ночные часы температура воздуха составила всего +4…+9 градусов, лишь у водоемов было немного теплее, дневные температуры

воздуха при этом не превысили +15…+20 градусов.

В период с 12 по 14 июля восточные районы Ленинградской области оказались под влиянием западной периферии южного циклона, траектория смещения которого проходила восточнее Ленинградской области. В восточных районах области прошли дожди, днем 14 июля местами сильные, температура воздуха днем не превышала +15…+17 градусов. При этом на западе области сохранялась сухая погода с дневным прогревом до +19…+24 градусов. 15 июля развитие дневной конвекции обусловило локальные кратковременные дожди и на западе области, местами отмечались грозы. 16 июля осадков не было, температура воздуха ночью составила +10…+15 градусов, днем воздух прогрелся до +22…+27 градусов.

В период с 12 по 14 июля восточные районы Ленинградской области оказались под влиянием западной периферии южного циклона, траектория смещения которого проходила восточнее Ленинградской области. В восточных районах области прошли дожди, днем 14 июля местами сильные, температура воздуха днем не превышала +15…+17 градусов. При этом на западе области сохранялась сухая погода с дневным прогревом до +19…+24 градусов. 15 июля развитие дневной конвекции обусловило локальные кратковременные дожди и на западе области, местами отмечались грозы. 16 июля осадков не было, температура воздуха ночью составила +10…+15 градусов, днем воздух прогрелся до +22…+27 градусов.

В дальнейшем, с 17 июля и до конца месяца над ЕТР наблюдалась активная циклоническая деятельность. Ленинградская область чаще находилась под влиянием юго-восточных, южных и юго-западных периферий циклонических вихрей, смещающихся по более северным траекториям. Исключением стали процессы 25-26 июля, когда циклон смещался непосредственно через районы области, и 28 июля, когда на наши районы вышел южный циклон. Прохождение через Ленинградскую область атмосферных фронтов, связанных с циклонами, сопровождалось выпадением в основном кратковременных дождей, небольших и умеренных, редко сильных.

Часто отмечались грозы. В течение всего периода преобладающие ночные температуры воздуха составляли +11…+16 градусов, в отдельные ночи местами понижались до +6…+10 градусов. Преобладающие дневные температуры воздуха находились в пределах +18…+23 градуса, лишь 17, 27, 30 и 31 июля воздух прогревался до +21…+26 градусов.

В целом за месяц аномалия среднемесячной температуры воздуха по станциям Ленинградской области составила -0,5…-1,6 градуса. За месяц в большинстве районов выпало 65-108% осадков от месячной нормы, местами, преимущественно по северу области, выпало 120-158% от нормы, на станции Лесогорский - 284% от климатической нормы.

В Санкт-Петербурге (по данным ОГМС Санкт-Петербург, расположенной в Петроградском районе города) среднемесячная температура воздуха составила +18,2 градуса, что на 0,9 градуса ниже климатической нормы. Месячная сумма осадков составила 94,9 мм или 114% от климатической нормы. Суммарная за месяц продолжительность солнечного сияния составила 275,7 часа или 103% от климатической нормы для этого месяца (268 часов).

Обзор погоды в августе 2023 года: в течение августа преобладающими в формировании погодных условий в Ленинградской области были процессы циклонического характера. Наши районы чаще находились под влиянием восточных и южных периферий циклонических вихрей. Дожди выпадали часто, но не повсеместно и в основном небольшие, и умеренные. Сильные дожди в отдельных районах области отмечались 3, 9, 10, 12, 17, 22 и 23 августа. Антициклонические воздействия были редкими и непродолжительными. В течение месяца преобладали ветра южной и восточной четвертей, слабые и умеренные. Температурный фон большую часть месяца превышал климатические показатели на +1…+4 градуса.

В первой половине месяца преобладающие ночные температуры воздуха находились в пределах +12…+17 градусов. Преобладающие дневные температуры воздуха составляли +22…+27 градусов.

Отдельно стоит отметить синоптический процесс 6-8 августа. 6 августа над Балканами сформировался циклон, который, углубляясь, смещался в северном направлении. 7 августа районы Ленинградской области оказались под влиянием теплого сектора этого циклона. Приток жаркого тропического воздуха обусловил повышение дневной температуры воздуха до +30…+34 градусов. Ночи 7 и 8 августа были очень теплыми с температурой воздуха не ниже +17…+22 градусов. Днем 8 августа через наши районы прошел холодный фронт и лишь на востоке области до фронта воздух успел прогреться до +28…+30 градусов.

Во второй половине месяца преобладающие ночные температуры составляли +10…+15 градусов, в отдельные ночи при прояснениях температура воздуха понижалась до +3…+8 градусов. Преобладающие дневные температуры находились в пределах +18…+23 градуса. Лишь 16 и 17 августа, когда наши районы вновь находились под влиянием теплого сектора циклона, дневной прогрев составил +27…+32 градуса.

В целом за месяц аномалия среднемесячной температуры воздуха по станциям Ленинградской области составила +1,7…+2,6 градуса. В большинстве районов области количество выпавших за месяц осадков составило 35-89%, лишь по северу области местами выпало 100-113% осадков от месячной нормы. Исключением стала метеостанция Ефимовская, здесь выпало 194% осадков от месячной нормы.

В Санкт-Петербурге по данным метеостанции Санкт-Петербург, расположенной в Петроградском районе города, среднемесячная температура воздуха составила +19,9 градуса, что на 2,5 градуса выше климатической нормы. Это второй результат за всю историю регулярных инструментальных наблюдений за погодой в Петербурге, то есть с 1881 года. Рекордсменом является август 2022 года со среднемесячной температурой +20,6 градуса. Месячная сумма осадков составила 48,7 мм или 56% от климатической нормы. Суммарная за месяц продолжительность солнечного сияния составила 267,4 часа или 120% от климатической нормы (222 часа).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных экологических проблем Санкт-Петербурга, как и многих других крупных городов. Высокий уровень загрязнения связан с выбросами вредных веществ от промышленных предприятий, транспорта, особенно автомобилей.

В этом исследовании мы анализировали пространственное распределение загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге в течение трех летних месяцев 2023 года: июня, июля и августа.

Мы изучили состав атмосферы, основные загрязняющие вещества, а также параметры экологического мониторинга, как в целом, так и в Санкт-Петербурге.

Используя данные станций экологического мониторинга, мы рассчитали среднемесячные концентрации загрязняющих веществ, создали таблицы и диаграммы, а также построили 3D модели с помощью программы "Surfer" для наглядного представления пространственного распределения загрязнителей.

Исследование показало, что июль 2023 года оказался самым загрязненным из трех изученных месяцев. В июле наблюдались пониженные температуры и повышенное количество осадков. Несмотря на это, ни угарный газ, ни оксид азота, ни озон не превысили предельно допустимые концентрации (ПДКсс) в течение всего наблюдаемого сезона.

Наиболее загрязненные станции находились вблизи Центрального района, в частности, в Калининском, Петроградском и Центральном районах, где сосредоточено множество промышленных предприятий и автомобильных дорог.

Самыми чистыми станциями оказались станции в курортных районах города – Курортном и Ломоносовском.

Поскольку количество автотранспорта в городе увеличивается, а промышленность продолжает развиваться, это неизбежно приведет к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Для улучшения состояния воздуха необходимо принять следующие меры:

- Построить новые путепроводы для обеспечения беспрепятственного движения автомобилей;
- Перевести промышленные предприятия на более качественное сырье;
- Установить системы газоочистки на промышленных объектах;
- Провести работы по зеленому благоустройству города, включая строительство парков, аллей и посадку деревьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Официальный сайт Гидрометцентра России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://meteoinfo.ru (дата обращения: 15.05.2023).
2. Седунов Ю.С. Атмосфера. Справочник – Л.: Гидрометиоиздат. - 1991. - 504с
3. Беккер А.А. , Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. - Л.: Гидрометиоиздат. - 1989. - 286с.
4. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. Учеб.для вузов. - М.: Высш. Шк., Изд. Центр «Академия». - 2001. - 743 с.
5. Росляков П.В., Ионкин И.Л., Закиров И.А. и др. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу: Учеб.пособие- М.: Издательство МЭИ. -2004. - 228 с.
6. Хргиан А. Х. Физика атмосферы, Л.: Гидрометиздат. - 1969.- 645с.
7. Крюкова С.В. Контроль загрязнения природной среды: Анализ данных загрязнения. Лабораторный практикум. - СПб.: РГГМУ.- 2014.-45 с.
8. Соколов В. А. Методы анализа газов. – 1965. – 65 с
9. Алдошин С. М., Мешалкин В. П. – Современные проблемы экологии. – Инновационные технологии. – 2022. – 3-9 с.
10. Израэль Ю.А. Экология и контроль окружающей среды.- М.: Гидрометиздат. - 1894. - 375 с.
11. Шимова О.С., Соколовский Н.К. Основы экологии и экономика природопользования. Учебник. - Мн.: БГЭУ. - 2002. - 367 с.
12. Веницианов Е.В. и др. Экологический мониторинг: шаг за шагом – М.: РХТУ им. Менделеева. - 2003.- 252 с
13. Горшков М.В. Экологический мониторинг. Учеб.пособие. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ. - 2010. - 313 с
14. Герасимов Б.И., Коробейников И.В. и др. Методы и приборы экологического мониторинга – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1996. – 111 с
15. Кравченко И. В. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 4 изд. - 1969.

16. Настич Н.В. Основные метеорологические приборы. – Евразийский научный журнал – 2016. - 256-258 с.
17. Стернзат М. С. -Метеорологические приборы и наблюдения. – Гидрометеоиздат – 1968. – 365 с.
18. ООО "Мониторинг" [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.ooo-monitoring.ru/
19. Приборостроительное предприятие «ОПТЭК». Анализаторы для промышленности и научных исследований. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.optec.ru/
20. Официальный портал ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.meteo.nw.ru