



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»

Исполнитель Чернышов Владимир Денисович
(фамилия, имя, отчество)

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

Крюкова Светлана Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И. о. Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
Восканян Карина Левановна

«29» мая 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

Введение	2
1 Общие сведения об атмосфере и загрязняющих веществах	5
1.1 Общее понятие атмосферы и ее строение.....	5
1.2 Основные загрязняющие вещества в атмосфере	8
1.3 Источники загрязнения атмосферы	10
1.4 Влияние метеопараметров на загрязнение атмосферы	12
2 Экологический мониторинг атмосферы	15
2.1 Методы экологического мониторинга атмосферы	15
2.2 Приборы экологического мониторинга атмосферы	18
2.3 Автоматизированные станции контроля атмосферы в Санкт-Петербурге	23
3 Исследование пространственного распределения загрязняющих веществ в летний период в пределах территории Санкт-Петербурга	31
3.1 Анализ средних значений загрязняющих веществ	31
3.2 Построение поля пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ.....	45
3.3 Определение зависимости между распределением загрязняющих веществ в атмосфере и метеорологическими параметрами	51
Заключение	56
Список литературы	58

Введение

В современном мире природа и человек тесно связаны и оказывают непосредственное влияние друг на друга. Окружающая среда – воздух, вода, растительный и животный мир представляют собой сложную, слаженную систему, в которой проживают люди и непосредственно зависят от ее состояния. В свою очередь, люди, оказывают воздействие на природу как положительного, так и пагубного характера. Рациональное природопользование и средства защиты и поддержки положительно влияют на состояние окружающей среды. В попытке создать комфортные условия для жизни, общество пользуется благами природы не всегда прибегая к природоохранным мероприятиям, тем самым оказывая отрицательное влияние на природу в целом (вырубка лесов, загрязнение почвы и воды бытовыми и химическими отходами, строительство ГЭС на равнинных реках и т.д.) и атмосферу в частности (техногенное воздействие).

Загрязняющие вещества, содержащиеся в атмосфере, оказывают отрицательное воздействие на животный и растительный мир, населяющий планету, и могут привести к катастрофическим и необратимым природным процессам.

К загрязняющим веществам относятся любые загрязнители, которые представляют собой химическое вещество, либо же соединение этих веществ. Оказываясь в атмосфере, загрязняющие вещества воздействуют негативно на флору и фауну планеты. Метеорологические явления (ветер, температура, влажность воздуха и т.д.) могут играть вспомогательную роль при переносе этих веществ, оказывать воздействие на ареал их распространения и иным образом обуславливать наличие или отсутствие веществ. Следовательно, текущая задача исследования, связанная с состоянием загрязнения веществ, является значимой и актуальной в настоящее время.

Цель работы - изучение пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга за

летний период и проведение анализа влияния метеорологических факторов на формирование распределения загрязняющих веществ.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является территория города Санкт-Петербурга, предметом – пространственное распространение загрязняющих веществ на территории города Санкт-Петербурга за летний период.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- 1) Изучение основных характеристик загрязняющих веществ и метеорологических приборов
- 2) Расчет средних значений концентраций загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга на основе данных автоматизированных станций экологического мониторинга летом 2022 года.
- 3) Построение изолиний и трехмерных графиков, отображающих пространственное распределение концентраций загрязняющих веществ на территории Санкт-Петербурга летом 2022 года на основе данных автоматизированных станций экологического мониторинга.
- 4) Исследование влияния метеорологических параметров на распределение загрязняющих веществ в атмосфере и анализ полученных результатов.

Структура выпускной квалификационной работы: включает введение, три главы, которые имеют свою подструктуру в виде подразделов, заключение и список литературных источников.

1 Общие сведения об атмосфере и загрязняющих веществах

1.1 Общее понятие атмосферы и ее строение

Атмосфера является газовой оболочкой, окружающей Землю и защищающей ее от агрессивных условий космического пространства. Состав атмосферы включает газы, необходимые для поддержания жизни на земле. Большое количество газов, примерно 95% по весу, располагается на высоте до 25 км. В нижних слоях смесь газов обычно называется воздухом и содержит преимущественно азот (78,09% по весу), кислород (20,9% по весу), аргон (0,93% по весу), углекислый газ (0,03% по весу), водород (0,05% по весу) и некоторое количество других газов и водяных паров. Атмосфера может быть представлена в виде концентрических оболочек [1].

Рассматривая вертикальное строение атмосферы, определим основные слои: тропосфера, тропопауза, стратосфера, стратопауза, мезосфера, мезопауза, линия Кармана, граница атмосферы земли, термосфера, термопауза, экзосфера.

Тропосфера – нижняя граница представляет собой основной слой атмосферы, который содержит более 80% массы атмосферного воздуха и около 90% находящегося в составе атмосферы водяного пара. Верхняя граница расположена на разных высотах и имеет широтную зависимость. В полярных широтах верхняя граница располагается на высоте 8-10 км, в умеренных широтах 10-12 км и в тропических широтах верхняя граница тропосферы располагается в диапазоне от 16-18 км. Данный слой является особенно важным, так как в нем происходит большинство метеорологических процессов, которые оказывают непосредственное влияние на человеческую деятельность (Турбулентные и конвективные процессы, развитие циклонов и антициклонов, облачности, возникновение осадков и опасных метеоявлений).

Тропопауза – это первый переходный слой тропосферы к стратосфере. Важная закономерность в данном слое – это прекращение падения температуры с высотой.

Стратосфера — это слой верхней атмосферы Земли, расположенный на высоте от 11 до 50 км. Описывается чередованием слоев с различной температурой и плотностью, с повышением температуры вверх от 25 до 40 км. Также в стратосфере находят защитный озоновый слой, который защищает Землю от вредного ультрафиолетового излучения. В этом слое частицы атмосферы движутся в горизонтальном направлении, обеспечивая стабильность погоды. Кроме того, стратосфера имеет важное значение для авиации и космических полетов, так как в этом слое находятся особые атмосферные явления, например, стратосферный турбулентный слой, который может повлиять на полёт летательных аппаратов.

Стратопауза – это пограничный слой, расположенный между стратосферой и мезосферой. Отличительная особенность стратопаузы – в вертикальном изменении температуры определен максимум 0 градусов Цельсия.

Мезосфера – слой, расположенный после стратопаузы, и представляет собой область атмосферы, которая начинается на высоте 50 км и продолжается до 80-90 км. В этой области происходит понижение температуры с увеличением высоты средним вертикальным градиентом $(0,25-0,3) \text{ } ^\circ/100 \text{ м}$. Лучистый теплообмен является главным процессом, обеспечивающим энергетический баланс мезосферы. Сложные фотохимические процессы, включающие свободные радикалы, колебательно возбужденные молекулы и другие процессы, обуславливают свечение атмосферы в данной области.

Мезопауза – это переходный слой между мезосферой и термосферой. В вертикальном изменении температуры определен минимум составляющий около – 90 градусов Цельсия.

Линия Кармана - линия Кармана представляет собой гипотетическую границу между атмосферой Земли и Космосом, определяемую как высота над уровнем моря равная 100 км.

Граница атмосферы земли - согласно исследованиям характеристик движения высокоэнергетических частиц в атмосфере и ионосфере, было установлено, что граница между атмосферой Земли и ионосферой находится на высоте 118 километров.

Термопауза – это часть атмосферы, которая прилегает к термосфере. Переходный слой между термосферой и экзосферой. Основной особенностью является незначительное поглощение солнечного излучения и отсутствие изменения температуры с высотой.

Экзосфера – это сфера рассеяния. Особенная область атмосферы Земли, которая находится вне влияния плотных слоев атмосферы, благодаря чему обладает особыми свойствами. Состоящая в основном из редких газов, экзосфера представляет огромный интерес для ученых, занимающихся исследованием космического пространства и научными миссиями в космосе. Почти безвоздушное пространство экзосферы отображает процессы, происходящие в космосе, и обеспечивает защиту нижних слоев атмосферы от космических радиаций и солнечного ветра. Модель вертикального строения атмосферы представлена на рисунке 1.1 [2].

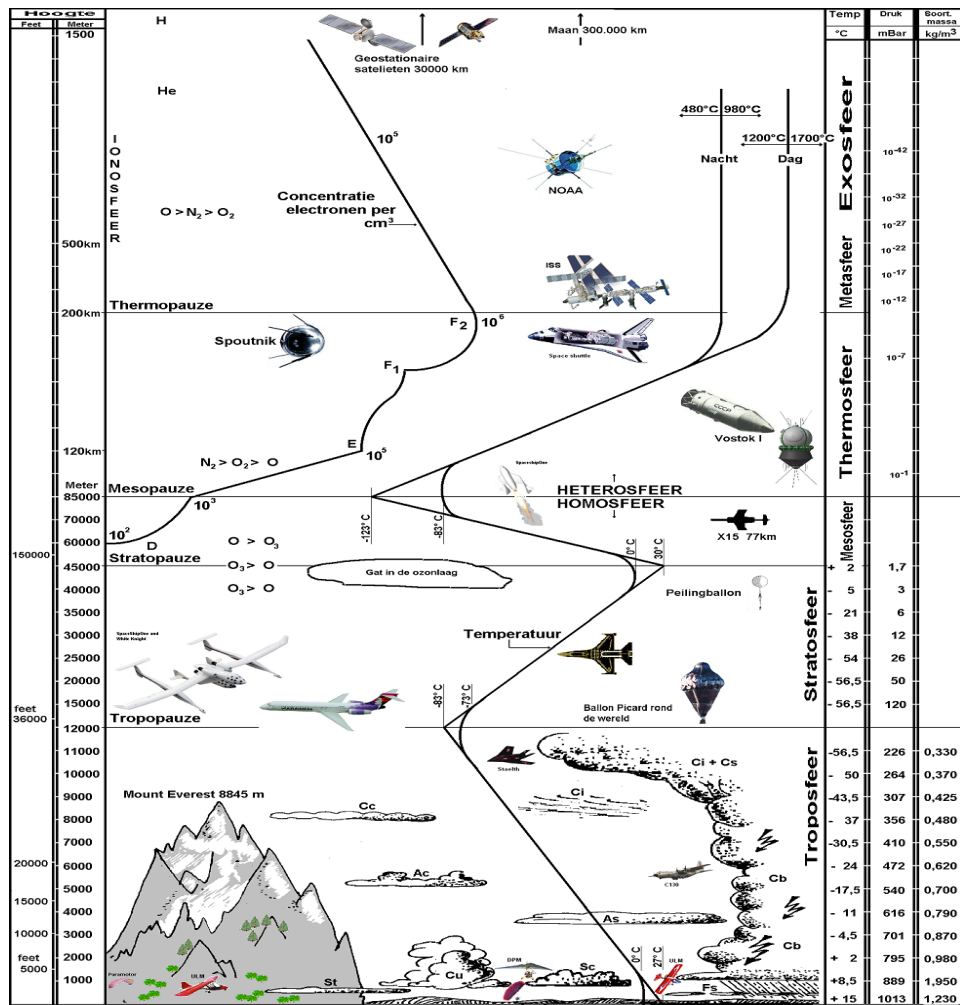


Рисунок 1.1 – Вертикальное строение атмосферы

1.2 Основные загрязняющие вещества в атмосфере

Атмосферный воздух является жизненно важным элементом окружающей среды, который представляет собой совокупность газов. Он состоит преимущественно из азота (78%), кислорода (21%) и аргона (менее 1%), с возможным содержанием углекислого газа, водорода, гелия, неона и других элементов. Качество воздуха определяется соотношением компонентов его состава. Оно имеет прямое влияние на здоровье человека, состояние растительного и животного мира, а также на прочность и долговечность различных конструкций и сооружений. Диаграммы содержания азота, кислорода и аргона в атмосфере представлены на рисунке 1.2 [3].

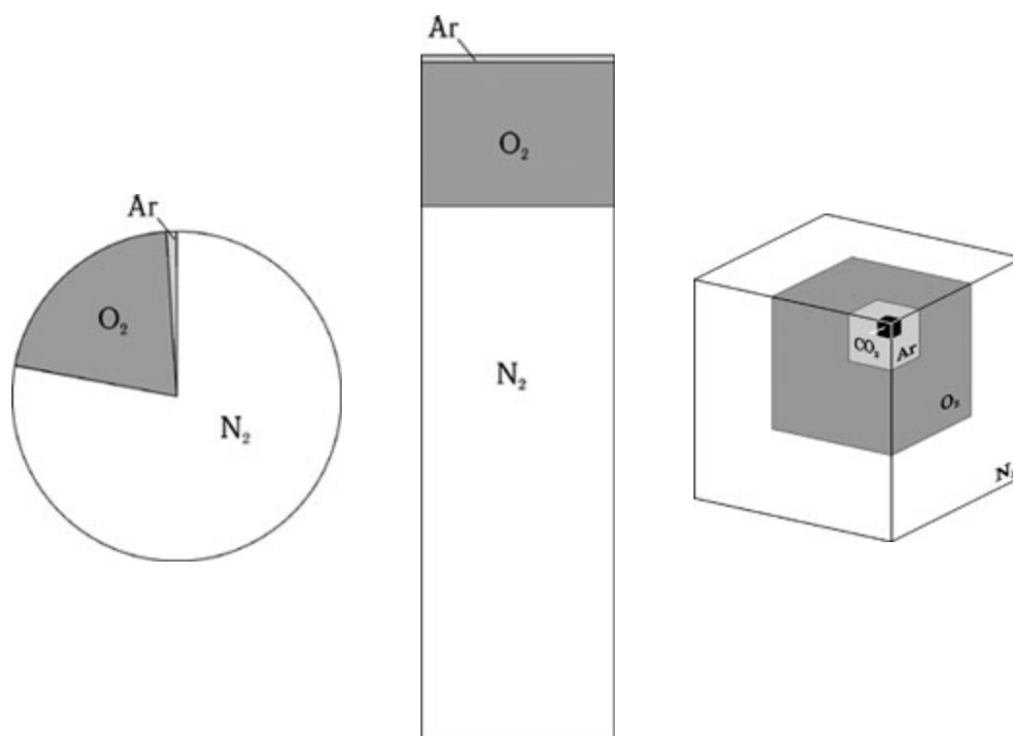


Рисунок 1.2 – Диаграммы содержания азота, кислорода и аргона в атмосфере

Атмосферное загрязнение Земли, обусловлено попаданием вредных веществ в атмосферу. К ним относятся:

Угарный газ, или окись углерода (CO) — это газ без цвета, запаха и вкуса. Угарный газ имеет свойство горения, возможен взрыв при концентрации в воздухе от 12,5 до 75%. Этот газ очень ядовит, легко связывается с гемоглобином крови, что может привести к кислородному голоданию организма. Плотность меньше, чем у воздуха и скапливается в верхних частях помещений. Даже при концентрации в воздухе 0,02-0,05% может вызвать легкое отравление. При концентрации в 1% смерть может наступить уже после нескольких вдохов. Окись углерода возникает в следствии взрывных работ, пожаров и в работе ДВС. В связи с бесцветностью угарного газа обнаружить его возможно, лишь при наличии газоанализатора.

Углекислый газ (CO_2) — бесцветный газ, без запаха, со слабокислым вкусом. Тяжелее воздуха. Концентрируется в почвах выработок, в тупиковых

выработках, при отсутствии вентиляции. При взаимодействии с человеком может возникать: учащенное дыхание (одышка), обмороки, вплоть до летального исхода. Основными источниками являются - взрывные работы, пожары, работа ДВС, гниение органических веществ, выделения из горных пород.

Азот (N_2) - бесцветный, безвкусный и без запаха газ. Химически он является инертным, но при очень высоких температурах, таких как во время взрывных работ и сварке, азот может окисляться и образовывать очень ядовитые газы. Концентрация азота в атмосфере создает отрицательное воздействие на человека, в связи с тем, что возникает прямая зависимость – при увеличении концентрации азота, происходит уменьшение кислорода.

Двуокись азота (NO_2) - стабильный окисел азота, находящийся в воздухе. Она является очень ядовитой, как и другие окислы азота. Относительная плотность двуокиси азота равна 1,59, а плотность - 2,05 кг/м³ при стандартных условиях. Двуокись азота обладает коричневым цветом и сильным запахом. Она может вызывать раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а также отек легких в тяжелых случаях [4].

Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения за 2014 год, загрязнение воздуха в 2012 году привело к гибели около 7 миллионов человек во всем мире, а каждый восьмой из числа умерших в мире – из-за загрязнения атмосферы. Этот показатель оказался крайне негативным и превышал данные за предшествующие года [5].

1.3 Источники загрязнения атмосферы

Вопрос загрязнения атмосферы играет жизненно-важную роль и представляет собой особую значимость для экологов. Чтобы комплексно рассматривать проблему загрязнения атмосферы был создан ГОСТ 17.2.1.01 – 76 «Атмосфера. Классификация выбросов по составу» и квалифицировали выбросы в атмосферу следующим образом:

1. По агрегатному состоянию вредных веществ в выбросах.

- газообразные и парообразные (SO_2 , CO , NO_x , углеводороды и др.);
- жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей, органические соединения);
- твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и пр.).

2. По массовому выбросу (т/сут):

- менее 0,01 (включительно);
- от 0,01 до 0,1 (включительно);
- от 0,1 до 1 (включительно);
- от 1 до 10 (включительно);
- от 10 до 100 (включительно);
- свыше 100.

Значительный вклад в загрязнение воздуха вносят процессы сжигания, которые происходят в промышленности, энергетике и на транспорте. В результате сжигания топлива образуются различные продукты сгорания, такие как оксиды углерода (CO), водяные пары (H_2O), оксиды серы (SO_2), оксиды азота (NO , NO_2) и др. После образования в атмосферном воздухе, они могут претерпевать дополнительные превращения и наносить значительный вред окружающей среде и здоровью людей. Это может включать разрушение озонового слоя, образование смога и другие проблемы [6].

$\text{PM}_{2.5}$ (твердые частицы размером менее 2,5 мкм в диаметре), можно считать одним из наиболее опасных загрязнителей воздуха, опасных для здоровья человека. Не приуменьшая серьезность последствий для здоровья других вредных веществ, особую опасность вызывают вещества с размером менее 2,5 мкм, так как они могут проникнуть в легкие, влияя на здоровье дыхательных путей. Основная же проблема основана на том, что их трудно контролировать. Эти частицы могут способствовать образованию злокачественных опухолей и подобного рода опасных для человека последствий.

PM₁₀ — это один из классов взвешенных частиц (в частности, неорганических) в атмосферном воздухе. PM₁₀ — это частицы, размер которых не превышает 10 микрометров (мкм), и они могут быть вдыхаемыми в легкие. Факторы, способствующие формированию PM₁₀, включают непосредственный выброс со стороны источников загрязнения воздуха (включая транспортные средства, промышленность, строительство, сельское хозяйство и др.), а также природные факторы (распыление пыли, песка и т. д.). PM₁₀ может оказывать негативное воздействие на здоровье человека, особенно на респираторную систему. Они могут вызвать кашель, затруднение дыхания и повышение риска возникновения или усиления болезней дыхательных путей, таких как бронхиальная астма, а также повлиять на сердечно-сосудистую систему. Контроль за PM₁₀ — это одно из важнейших заданий в области очистки воздуха, регулирования стандартов качества воздуха и поощрения использования технологий очистки воздуха в различных отраслях хозяйства.

Свинец когда-то широко использовался в автомобильном топливе, краске и трубах. Этот тяжелый металл может вызвать повреждение мозга или болезни крови. Летучие органические соединения — это в основном углеводороды. К важным летучим органическим соединениям относятся метан (природный парниковый газ, который увеличивается в результате деятельности человека).

1.4 Влияние метеопараметров на загрязнение атмосферы

Метеорология, как наука о свойствах, явлениях, строении атмосферы и совершающихся в ней физико-химических процессах оказывает воздействие и на загрязнение атмосферы. От различных метеорологических параметров может зависеть характер распространения загрязнений, их концентрация, опасность для живой природы, продолжительность загрязнений и так далее. Для детального рассмотрения выделим основные метеорологические

параметры, которые оказывают ключевое влияние на атмосферу и напрямую повышают опасность обитания живых организмов – температурная инверсия, скорость и направление ветра, влажность, осадки, солнечная радиация.

Температурная инверсия – процесс, при котором происходит повышение температуры воздуха с высотой в определенном слое атмосферы, вместо более привычной закономерности – понижения. Существуют два вида инверсии – инверсия приземной температуры, которая начинается от земной поверхности и вызвана она охлаждением воздуха от холодной земной поверхности и инверсия температуры в свободной атмосфере, которая, в свою очередь, вызвана нисходящими движениями воздуха, вследствие чего происходит повышение его температуры. Температурные инверсии препятствуют развитию вертикальных движений воздуха, вследствие чего являются задерживающим слоем. Под ним возникают скопления частиц водяного пара, пыли и т.д. Особенно опасным является приземная инверсия в городских областях в сочетании со слабыми ветрами. Она создает условия, которые препятствуют рециркуляции воздуха [7].

Ветер – это горизонтальное перемещение воздуха, вызванное разностью давления (из области высокого давления в область низкого давления). Направление ветра является одним из параметров движения воздуха. Ветер оказывает большое влияние на пространственное распределение загрязняющих веществ. При низкой скорости ветра происходит скопление загрязняющих веществ в приземном слое. В случае, если загрязняющие вещества перегреты, то из-за разности плотностей вещества и атмосферного воздуха происходит подъем загрязняющих веществ в атмосферу, так как их вес становится меньше, чем вес атмосферного воздуха.

Влажность воздуха – параметр, который характеризует содержание водяного пара в атмосфере Земли. Взвешенные частицы водяного пара поглощают примеси не только возле подстилающей поверхности, но и из слоев, расположенных выше, потенциально наиболее загрязненных слоев атмосферы, вследствие чего загрязнение атмосферы повышается в слое тумана

и уменьшается в остальных областях. Так же сочетание повышенной влажности и загрязнённого воздуха сернистыми газами приводит к образованию кислотных дождей.

Осадки – это выпадение капель воды или кристаллов льда из верхних слоев атмосферы на земную поверхность. Данный метеорологический параметр является положительным, так как высокая интенсивность осадков, ведет к понижению концентрации загрязняющих веществ в атмосфере.

Солнечная радиация – это электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца. При воздействии солнечной радиации на примеси в атмосфере происходит образование вторичных продуктов, которые зачастую обладают более опасными и вредными свойствами, чем начальные вещества.

2 Экологический мониторинг атмосферы

2.1 Методы экологического мониторинга атмосферы

Проблема загрязнения окружающей среды встает очень серьезно в области гидрометеорологии на сегодняшний день, а отсутствие решения экологических проблем ведет к необратимым последствиям для нашей планеты. В связи с этим разрабатываются методы оценки загрязнения окружающей среды, методы экологического мониторинга, разрабатываются системы обнаружения загрязнений атмосферы.

Мониторинг атмосферного воздуха представляет собой систему наблюдений, которая позволяет оценивать состояние атмосферного воздуха, определять уровень его загрязнения и проанализировать воздействие неестественных факторов на экосистему. Кроме того, данная система даёт возможность предсказывать возможное состояние атмосферного воздуха, с учётом прогрессирующего загрязнения.

Правительство Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и муниципальные органы самоуправления организуют систему государственного мониторинга атмосферного воздуха с целью наблюдения за его загрязнением, комплексной оценки и прогноза состояния, а также предоставления текущей и экстренной информации о загрязнении воздуха органам государственной власти, местным органам самоуправления, организациям и населению. Государственный мониторинг атмосферного воздуха входит в систему государственного мониторинга окружающей среды и осуществляется федеральными органами исполнительной власти в области охраны окружающей среды, а также другими органами исполнительной власти в соответствии с их компетенцией, согласно правилам, установленным уполномоченным правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти.

Территориальные органы федеральных органов исполнительной власти в области охраны окружающей среды и гидрометеорологии и смежных областей определяют перечень объектов, чьи владельцы должны осуществлять мониторинг атмосферного воздуха и пересматривают его при необходимости [8].

Для безопасности жизнедеятельности в нашей стране вводятся регламенты и нормы по уровню допустимости содержания примесей в атмосферном воздухе. Нормативы исходят из научных исследований и комплексного изучения загрязняющих веществ. При таких исследованиях используются новейшие методы, разработанные учеными в биологии, медицине и экологии. На текущий момент определены предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе более чем 500 веществ.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - величина, характеризующая максимальное количество вещества, которое может находиться в объекте измерений в момент времени без вреда для живых организмов, и являющаяся основной величиной экологического нормирования содержания токсических веществ в природной среде. Предельно допустимые концентрации вышеописанного параметра представлены в таблице 2.1.

Предельно Допустимая Концентрация Субстанций в Среде (ПДКсс), то есть максимально допустимая концентрация определенных химических веществ в окружающей среде (например, в воздухе, воде, почве и т.д.). ПДКсс устанавливается на основании совместно разработанных санитарно-эпидемиологических, эколого-гигиенических, токсикологических и других научных исследований и определяется с учетом нормативно-правовых актов.

Предельно Допустимая Концентрация Микробиологических Раздражителей (ПДКмр). ПДКмр устанавливается в соответствии с санитарно-эпидемиологическими нормами и правилами, и является максимально допустимой концентрацией микроорганизмов в окружающей среде (например, в воде, почве, воздухе и т.д.), которая не представляет угрозы для здоровья людей и животных. Установление ПДКМР основано на

данных бактериологических, вирусологических, протозоологических и других соответствующих исследований.

Таблица 2.1 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	Максимальная разовая	Средняя суточная	
Азот диоксида	0,085	0,04	2
Диоксид серы	0,5	0,05	3
Оксид углерода	5	3	4
Пыль (взвешанные частицы)	0,5	0,15	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Кислота серная	0,3	0,1	2
Фенол	0,01	0,003	2
Ртуть металлическая	-	0,0003	1

В местах расположения курортных зон, санаториев, пляжей, домов отдыха и городов с населением более 200 тысяч человек концентрация загрязняющих веществ не должна превышать 0,8 ПДК.

На сегодняшний день существует множество различных методов исследования окружающей среды и определения превышения ПДК в атмосфере. Среди них выделяют группы аэрокосмических и наземных методов.

К аэрокосмическим методам относится использование искусственных спутников земли для создания снимков и определение наличия примесей в атмосфере путем их анализа.

К наземным относят биологический и физико-химические методы. Биологический мониторинг представляет собой систему продолжительного наблюдения, оценки и прогнозирования изменений, происходящих в биоте. Он осуществляется путем отслеживания наличия или исчезновения различных видов организмов, их состояния, численности, изменениями ареала обитания под воздействием антропогенных факторов. Биологический мониторинг является одним из ключевых методов в организации экологического мониторинга окружающей среды. Сложная структура биологического мониторинга включает в себя различные подпрограммы на уровне

организации биологических систем. Отличие между физическим или химическим измерением воздействия антропогенных факторов и биоиндикацией заключается в том, что последняя позволяет выявлять и определять биологически значимые антропогенные воздействия, тогда как физическое или химическое измерение позволяет получить только косвенное понимание биологического действия, определяя качественные и количественные характеристики воздействий [9].

2.2 Приборы экологического мониторинга атмосферы

Для обнаружения загрязнения атмосферы и определения наличия примесей используются самые современные и точные приборы. Разнообразие этих приборов велико, каждый из них выполняет свою функцию по определению искомым примесей в атмосфере. Рассмотрим приборы, которые наиболее частым образом используются для определения загрязняющих веществ в атмосфере.

Газоанализаторы – это приборы, измеряющие концентрацию отдельных газов в атмосфере. На первых этапах разработки газоанализаторов, они были способны определять лишь одно вещество, на сегодняшний день, газоанализаторы способны одновременно распознавать целые ряды газов и их сочетания. Различают газоанализаторы ручного действия и автоматические. Среди первых наиболее распространены абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами. По принципу действия автоматические газоанализаторы могут быть разделены на 3 группы:

- 1) Приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные химические реакции. При помощи таких газоанализаторов, называемых объёмно-манометрическими или химическими, определяют изменение объёма или давления газовой смеси в результате химических реакций её отдельных компонентов.

2) Приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные физико-химические процессы (термохимические, электрохимические, фотоколориметрические, хроматографические и др.). Термохимические, основанные на измерении теплового эффекта реакции каталитического окисления (горения) газа, применяют главным образом для определения концентраций горючих газов (например, опасных концентраций окиси углерода в воздухе). Электрохимические позволяют определять концентрацию газа в смеси по значению электрической проводимости раствора, поглотившего этот газ. Фотоколориметрические, основанные на изменении цвета определённых веществ при их реакции с анализируемым компонентом газовой смеси, применяют главным образом для измерения микроконцентраций токсичных примесей в газовых смесях — сероводорода, окислов азота и др. Хроматографические наиболее широко используют для анализа смесей газообразных углеводородов.

3) Приборы, основанные на чисто физических методах анализа (термокондуктометрические, денсиметрические, магнитные, оптические и др.). Термокондуктометрические, основанные на измерении теплопроводности газов, позволяют анализировать двухкомпонентные смеси (или многокомпонентные при условии изменения концентрации только одного компонента). При помощи денсиметрических газоанализаторов, основанных на измерении плотности газовой смеси, определяют главным образом содержание углекислого газа, плотность которого в 1,5 раза превышает плотность чистого воздуха. Магнитные газоанализаторы применяют главным образом для определения концентрации кислорода, обладающего большой магнитной восприимчивостью. Оптические газоанализаторы основаны на измерении оптической плотности, спектров поглощения или спектров испускания газовой смеси. При помощи ультрафиолетовых газоанализаторов определяют содержание в газовых смесях галогенов, паров ртути, некоторых органических соединений. Вид электрохимического газоанализатора представлен на рисунке 2.1[10].



Рисунок 2.1 - Электрохимический газоанализатор SR-2030

Датчики пыли – это приборы, для определения концентрации пыли в воздухе. Данные приборы имеют несколько названий: Кониметр от англ. Koniscopre, счетчик Эйткена, названный в честь изобретателя первого датчика пыли. Кониметр является насосом, который соединен с пробиркой. Он работает таким образом, что воздушный поток через узкий зазор проходит над стеклянной пластиной, покрытой липким веществом - например, глицерином или глюкозой. Зафиксированные адгезивные частицы пыли затем идентифицируются с помощью микроскопа. Важно, чтобы клейкое вещество было прозрачным.

Лазерный дальномер - измеряет расстояние между центрами светоделительных зеркал. Два фотоприемника и ПЗС-матрицы через три аналого-цифровых преобразователя соединены с ЭВМ. Технический результат - повышение точности непрерывного измерения средней концентрации, а также определение среднего размера частиц пыли в изучаемой среде [11].

Особенно важным при оценке загрязнения окружающей среды и выявления примесей в атмосфере является наличие метеорологических станций.

Метеорологические станции - учреждения, которые занимаются систематическим наблюдением за атмосферными явлениями, с целью измерения значений метеорологических показателей в установленные сроки и определения основных характеристик атмосферных явлений, включая начало, окончание и их интенсивность. Для этого метеостанции используют

метеорологическую площадку, на которой установлены приборы для измерения скорости и направления ветра, термометры, гигрометры, осадкомеры и почвенные термометры. Служебное здание метеостанции содержит барометры, регистрирующие части дистанционных приборов, переносные приборы и ведет обработку наблюдений. Наблюдения проводятся по стандартной программе в течение 10-минутного интервала времени через каждые 3 или 6 часов, а в некоторых случаях ежечасно. Полученные данные кодируются и передаются в цифровом формате в установленные адреса, включая бюро погоды и авиационные метеостанции. Данные наблюдений с метеостанций используются для составления прогнозов погоды и предупреждений о неблагоприятных явлениях погоды, изучения климата и его изменений, а также для непосредственного обеспечения обслуживаемых организаций сведениями о погоде [12].

Особо важными приборами, которые оказывают ключевое влияние на определение примесей в атмосфере являются: анемометр, барометр, гигрометр, радиационный термометр, датчики ветра.

Анемометр – это прибор для измерения скорости движения газов, воздуха в определенных системах. В области метеорологии данные приборы применяются для измерения скорости ветра. Особую важность играют эти приборы в изучении распространения примесей в атмосфере. При измерении скорости и направления ветра, можно определить скорость и направление распространения загрязняющих веществ в атмосфере. По принципу действия различают механические, тепловые и ультразвуковые анемометры. Наиболее распространенным типом анемометра считается чашечный анемометр. Состоит он из четырех «чашечек», симметрично расположенных на креплениях к ротору и вращающихся на вертикальной оси. Ветер любого направления вращает ротор со скоростью, пропорциональной скорости ветра.

Барометр — это измерительный прибор, используемый для оценки атмосферного давления. Итальянский физик и математик Эванджелиста Торричелли изобрел ртутный барометр в 1644 году. Он состоял из тарелки с

ртутью и пробирки, установленной вверх ногами в отверстии тарелки. Когда атмосферное давление увеличивалось, ртуть в пробирке поднималась, а когда оно уменьшалось, ртуть опускалась. В настоящее время наиболее распространены механические барометры. Такой барометр показывает атмосферное давление, действующее на гофрированную тонкостенную металлическую коробку, которая создает разрежение. При помощи барометров определяют направление потоков воздуха, которое может влиять на скорость распространения загрязнений.

Гидрометр – прибор для измерения влажности воздуха, который может влиять на скорость распространения загрязнений в атмосфере [13].

Термометр – прибор, для измерения температуры воздуха, почвы, воды и так далее. Существует множество различных типов термометров, но все они основаны на измерении той или иной физической величины, связанной с температурой. Самые распространенные из них – это ртутный, спиртовой, биметаллический и электронный термометры.

Ртутный термометр – это прибор, основанный на свойстве ртути расширяться, когда ее температура повышается. В термометре имеется стеклянная трубка, заполненная ртутью. При изменении температуры ртуть перемещается внутри трубки, проходя через узкую шкалу и показывая соответствующее значение температуры.

Спиртовой термометр работает по тому же принципу, что и ртутный, но вместо ртути он использует спирт. Обычно это спирт, который питается изопропанолом, и имеет ниже точку замерзания, чем вода.

Биметаллический термометр – это прибор, который использует два металлических листа разных материалов, соединенных между собой. Когда происходит изменение температуры, листы расширяются или сжимаются по-разному, что приводит к деформации прибора и движению шкалы.

Электронный термометр измеряет величину, связанную с температурой, например, сопротивление проводника при изменении его температуры или давление газа, в котором замеры производятся. Эти приборы могут

использоваться для измерения температуры человеческого тела, окружающей среды, кухонных продуктов и т. д. [14].

Таким образом, мы оценили значимость современных приборов при определении в составе атмосферы загрязняющих веществ и примесей. Рассмотрели основные приборы, с помощью которых производится оценка загрязнения атмосферы и влияние метеопараметров на распространение загрязняющих веществ и примесей.

2.3 Автоматизированные станции контроля атмосферы в Санкт-Петербурге

Создание автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге было предназначено для обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и жителей города информацией о качестве атмосферного воздуха. Эта система представляет собой комплекс технических и программных средств, который необходим для осуществления государственного экологического мониторинга атмосферного воздуха в городе. В настоящее время, в Санкт-Петербурге работает 25 автоматических станций, которые расположены во всех 18 административных районах города и работают в непрерывном автоматическом режиме. Кроме того, есть 9 стационарных поста наблюдений (СПН) и передвижные лаборатории. Автоматические измерения проводятся каждые 20 минут, что позволяет получать информацию об уровне загрязнения атмосферного воздуха ежедневно [15].

Адреса расположения автоматических станций:

- №1 - ул. Профессора Попова, д.48;
- №2 - г. Колпино, Красная ул., д.1А;
- №3 - ул. Карбышева, д.7;
- №4 - Малоохтинский пр., д.98;
- №5 - пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3;
- № 6 – пр. КИМа, 26 лит. А;

- № 7 - ул. Шпалерная, д. 56;
- № 8 - ул. Новосельковская, 23;
- № 9 - Малая Балканская ул., д. 54;
- № 10 - Московский пр., д. 19;
- № 11 - г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2;
- № 12 - ул. Пестеля, д.1;
- № 13 – Индустриальный пр., д.64;
- № 14 – Уткин пр., д 16;
- № 15 - Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4;
- № 16 - ул. Севастьянова, д.11;
- № 17 - г. Пушкин, Тиньков пер., д.4;
- № 18 - ул. Ольги Форш, д.6;
- № 19- пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1;
- № 20 - ул. Тельмана, д.24;
- № 21 – г. Ломоносов, ул. Федюнинского, 3;
- №22 – Канонерский остров, 21, стр. 1;
- №23 – пр. Динамо, 44;
- №24 – В.О. Средний пр.,74;
- №25 – пос. Металлострой, Железнодорожная ул., 13.

Схема расположения вышеописанных станций представлена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 - Схема размещения автоматических станций

Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие "Специализированная фирма "Минерал» осуществляет эксплуатацию данных станций. Станции занимаются определением уровня загрязняющих веществ в атмосфере, источниками которых являются предприятия, промышленные центры, транспорт, которые оказывают наибольшее влияние на экологическую ситуацию в Санкт-Петербурге:

- Оксид и диоксид азота (NO и NO₂);
- Оксид углерода (CO);
- Диоксид серы (SO₂)
- Аммиак (NH₃)
- Озон (O₃)

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

Данные мониторинга передаются в Комитет по природопользованию для обработки и интерпретации средствами программного комплекса Airviro и государственной информационной системы «Экологический паспорт Санкт-Петербурга».

"Экологический паспорт Санкт-Петербурга" - это Государственная информационная система, разработанная Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, направленная на сбор, хранение и распространение информации о состоянии окружающей среды и природно-ресурсного потенциала, техногенном воздействии на окружающую среду, потенциально экологически опасных объектах, объектах, подлежащих государственному экологическому контролю, природных и антропогенных процессах, которые могут создавать угрозу жизни людей и хозяйственной деятельности на данной территории [16].

Измерительный комплекс состоит из технических средств измерения, обеспечивающих определение в атмосферном воздухе загрязняющих веществ и взвешенных частиц и средств контроля метеорологических параметров. Комплекс обеспечения состоит из технических средств, обеспечивающих работу станции атмосферного мониторинга.

Экологический павильон – это сооружение, созданное для защиты от внешних атмосферных воздействий и несанкционированного доступа. В павильоне установлены измерительный комплекс и оборудование станции, предусмотрен свободный доступ для обслуживания системы. Климатические параметры внутри павильона поддерживаются системой отопления и кондиционирования, необходимые для стабильной работы оборудования. Пожарная и охранная сигнализация передает информацию о возгорании и попытках несанкционированного проникновения в управляющее устройство и соответствующие оперативные службы, включая сигналы оповещения. Габаритные размеры экологического павильона равны 3300 x 2350 x 2350 мм,

а масса павильона с приборами и оборудованием не превышает 2500 кг. При изготовлении используются высокотехнологичные материалы с пожарными и гигиеническими сертификатами. Павильон устанавливается на бетонный фундамент, подключается к внешнему контуру заземления и источнику электроснабжения. Электропитание станции осуществляется однофазным напряжением 220 В, 50 Гц, а потребляемая мощность не превышает 5 кВА. Станция находится в режиме непрерывной автоматической работы.

В состав измерительного комплекса входят приборы, для наилучшего и высококачественного анализа атмосферы:

- газоанализатор CO, модель K-100 или модель 300E TELEDYNE-APL;
- газоанализатор NO/NO₂, модель P-310A или модель 200 TELEDYNE-APL;
- газоанализатор SO₂, модель C-310A или модель 100E TELEDYNE-APL;
- анализатор пыли, модель ДАСТ или модель F-701 VEREWA;
- метеостанция;
- регистратор данных.

Могут быть включены газоанализаторы и на другие загрязнители, определение которых необходимо на месте станции.

Регистратор данных обеспечивает сбор, обработку, хранение и передачу измеренных данных в соответствии с заложенными в программу протоколом обмена.

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 [17].

Для создания станций контроля атмосферы выбирается газоаналитическое оборудование в соответствии с заданной спецификацией загрязняющих веществ и требуемыми диапазонами измерения концентраций.

В качестве отечественных газоанализаторов чаще всего используются приборы от ЗАО "Оптэк", а зарубежные компании, такие как Teledyne-API, также осуществляют работу в данном секторе.

Также используется стационарный электрохимический газоанализатор концентрации CO К-100. Он представляет собой автоматический прибор, который использует химические сенсоры для измерения объемной доли и массовой концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе. Датчики газоанализатора содержат два чувствительных элемента и определенное химическое покрытие, которое контактирует с анализируемой средой. На покрытии происходит адсорбция анализируемого компонента. Непрерывный вывод информации по каналам RS-232, RS-485 и токовому аналоговому выходу 0-5 (4-20) мА. Прибор осуществляет сбор данных, их усреднение и запись на энергозависимую память прибора.

Хемилюминесцентный газоанализатор NO и NO₂ в атмосферном воздухе (P-310A). Данное устройство представляет собой стационарный автоматический прибор, функционирующий на принципе гетерогенной хемилюминесценции между газом и твердым сенсором. Описываемый метод заключается в том, что химическое взаимодействие молекул анализируемого компонента со сенсором приводит к хемилюминесценции. Интенсивность этого свечения пропорциональна содержанию исследуемого компонента в базовой смеси. Описываемый газоанализатор оснащен встроенным термодиффузионным калибратором, обеспечивающим метрологические характеристики диапазона измерения (0-1 мг/м³ для NO и NO₂) при разрешении исчисляемым до тысячных долей миллиграмма. Газоанализатор "P-310A" работает в автоматическом режиме измерения, без участия человека в процессе обработки данных. В приборе предусмотрена возможность подключения самопишущих устройств, установлены интерфейсы (RS-232/485), а также возможность подключения дополнительного аналогового выхода упрощают операцию прибора и улучшают его функциональность. "P-310A" прошел сертификацию в соответствии со стандартами, утвержденными

Российским Федеральным департаментом средств измерений и включен в государственный реестр средств измерений.

При создании станций контроля атмосферы используются анализаторы пыли:

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

Наиболее распространённым типом анализаторов пыли Российского производства является «ДАСТ». Прибор предназначен для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц (пыли) различного происхождения и химического состава. Принцип работы анализаторов пыли «ДАСТ» заключается в использовании закрытого источника мягкого бета-излучения, который испускает бета-частицы. Пыль, находящаяся в воздухе, поглощает эти частицы и осаживается на фильтровальной ленте или фильтре. При циклических измерениях пыль осаживается на фильтровальной ленте, которая с помощью механизма перемещается через зону излучения и регистрации поглощенных бета-частиц. При однократных измерениях пыль осаживается на фильтре. Анализаторы пыли «ДАСТ» могут использоваться как стационарный прибор с блоком пробоподготовки, так и как портативный прибор для выездных измерений. Для обеспечения надежности измерений и предотвращения конденсации атмосферной влаги на элементах анализатора, устройство осуществляет нагрев анализируемого потока воздуха.

Результаты измерений индицируются на цифровом табло и могут выводиться по каналам телеметрии в аналоговом и цифровом виде. Анализаторы «ДАСТ» также осуществляют запись и хранение результатов измерений, что обеспечивает возможность создания истории изменения концентрации пыли во времени и пространстве. Также анализаторы «ДАСТ» обладают встроенной системой автоматического функционального контроля работоспособности с выводом информации об отказах на индикационное

табло. Диапазон измерения массовой концентрации пыли составляет от 0,001 до 30 мг/м³ [18].

3 Исследование пространственного распределения загрязняющих веществ в летний период в пределах территории Санкт-Петербурга

3.1 Анализ средних значений загрязняющих веществ

Исходные данные для исследования находятся в свободном доступе и получены с официального сайта экологического портала Санкт-Петербурга [15]. Среднесуточные концентрации загрязняющих веществ в долях среднесуточной ПДК_{сс} осреднены до среднемесячных.

Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ, таких как СО, NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5} и PM₁₀ за июнь, июль, август, представлены в таблицах №3.1-3.3

Таблица 3.1 – Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за июнь

Среднемесячные результаты загрязняющих веществ июнь 2022 год						
№ станции	Загрязняющие вещества					
	СО	NO ₂	SO ₂	O ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	0,15	0,17	0,14		0,2	
2	0,1	0,16	0,05	0,2		
3	0,1	0,09				0,05
4						
5	0,11	0,27	0,08			
6	0,1	0,29	0,11			
7	0,14	0,22		0,39		0,05
8	0,12	0,11	0,07	0,44		
9	0,08	0,23	0,13	0,43		0,15
10	0,09	0,14	0,05			
11	0,09	0,06		0,47	0,1	
12	0,11	0,2				
13	0,1	0,36	0,06			0,15
14	0,09	0,2		0,36		0,08
15	0,09	0,08	0,05	0,5	0,18	
16	0,09	0,47	0,08		0,25	
17	0,09	0,19		0,48		0,16
18	0,11	0,21		0,41		0,11
19	0,11	0,11		0,44	0,27	0,24
20	0,12	0,2	0,05			0,15
21	0,1	0,1	0,08			0,11
22	0,07	0,32			0,14	
23	0,13	0,21	0,1	0,52	0,17	
24	0,1	0,18		0,54	0,3	
25	0,09	0,18	0,12	0,51		0,05

Таблица 3.2 - Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за июль

Среднемесячные результаты загрязняющих веществ июль 2022 год						
№ станции	Загрязняющие вещества					
	CO	NO2	SO2	O3	PM2.5	PM10
1	0,13	0,05	0,05		0,21	
2	0,1	0,13	0,05	0,14		
3	0,1	0,14				0,05
4						
5	0,09	0,19	0,17			
6	0,11	0,28	0,09			
7	0,12	0,19		0,42		0,05
8	0,09	0,12	0,11	0,33		
9	0,08	0,24	0,13	0,35		0,17
10	0,09	0,13	0,05			
11	0,1	0,05		0,42	0,08	
12	0,11	0,19				
13	0,1	0,35	0,05			0,18
14	0,1	0,24		0,33		0,08
15	0,08	0,06	0,05	0,46	0,22	
16	0,09	0,16	0,06		0,25	
17	0,07	0,12		0,48		0,15
18	0,1	0,25		0,3		0,09
19	0,1	0,1		0,39	0,26	0,3
20	0,12	0,18	0,05			0,17
21	0,08	0,09	0,12			0,11
22	0,08	0,24			0,18	
23	0,09	0,23	0,1	0,42	0,18	
24	0,09	0,16		0,5	0,5	
25	0,09	0,14	0,12	0,44		0,05

Таблица 3.3 - Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за август

Среднемесячные результаты загрязняющих веществ август 2022 год						
№ станции	Загрязняющие вещества					
	CO	NO2	SO2	O3	PM2.5	PM10
1	0,16	0,24	0,05		0,35	
2	0,1	0,1	0,05	0,16		
3	0,11	0,06				0,07
4						
5	0,1	0,27	0,11			
6	0,12	0,33	0,1			
7	0,12	0,07	0,5		0,05	
8	0,11	0,2	0,18	0,4	0,46	0,64
9	0,1	0,32	0,2		0,24	
10	0,11	0,18	0,07			
11	0,1	0,05		0,33	0,06	
12	0,12	0,23				
13	0,1	0,32	0,05			0,23
14	0,11	0,27		0,3		0,11
15	0,1	0,09	0,06	0,43	0,14	
16	0,11	0,2	0,07		0,33	
17	0,1	1,6		0,47		0,23
18	0,12	0,31		0,25		0,13
19	0,08	0,08		0,48	0,37	0,41
20	0,17	0,22	0,05			0,22
21	0,08	0,11	0,09			0,18
22	0,1	0,3			0,25	
23	0,11	0,27	0,05	0,34	0,23	
24	0,1	0,23		0,43	0,4	0,4
25	0,1	0,14	0,14	0,45		0,05

В таблице №3.4 представлены концентрации за летний период.

Таблица 3.4 - Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ за летний период.

Среднемесячные результаты загрязняющих веществ за лето 2022 год						
№ станции	Загрязняющие вещества					
	CO	NO2	SO2	O3	PM2.5	PM10
1	0,15	0,15	0,08		0,25	
2	0,10	0,13	0,05	0,17		
3	0,10	0,10				0,06
4						
5	0,10	0,24	0,12			
6	0,11	0,30	0,10			
7	0,13	0,16	0,50	0,41	0,05	0,05
8	0,11	0,14	0,12	0,39	0,46	0,64
9	0,09	0,26	0,15	0,39	0,24	0,16
10	0,10	0,15	0,06			
11	0,10	0,05		0,41	0,08	
12	0,11	0,21				
13	0,10	0,34	0,05			0,19
14	0,10	0,24		0,33		0,09
15	0,09	0,08	0,05	0,46	0,18	
16	0,10	0,28	0,07		0,28	
17	0,09	0,64		0,48		0,18
18	0,11	0,26		0,32		0,11
19	0,10	0,10		0,44	0,30	0,32
20	0,14	0,20	0,05			0,18
21	0,09	0,10	0,10			0,13
22	0,08	0,29			0,19	
23	0,11	0,24	0,08	0,43	0,19	
24	0,10	0,19		0,49	0,40	0,40
25	0,09	0,15	0,13	0,47		0,05

По данным таблиц №3.1-3.3 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO2, SO2, O3. Они представлены на рисунках 3.1–3.3.

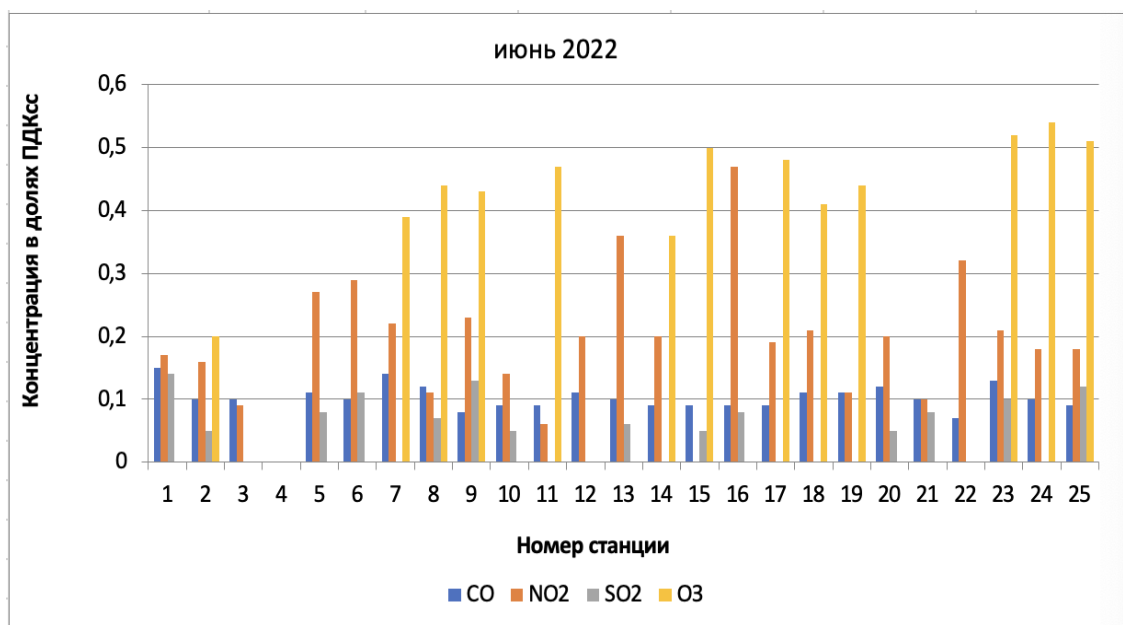


Рисунок 3.1 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ в июне 2022 года

Максимальное значение концентрации СО наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,15 ПДК_{cc}.

Максимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №16 (ул. Севастьянова, д.11) и составляло 0,47 ПДК_{cc}

Максимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,14 ПДК_{cc}

Максимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр.,74) и составляло 0,54 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации СО наблюдалось:

- На станции №22 (Канонерский остров, 21, стр. 1) и составляло 0,07 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2) и составляло 0,06 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации ОЗ наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр.,74) и составляло 0,2 ПДК_{сс}

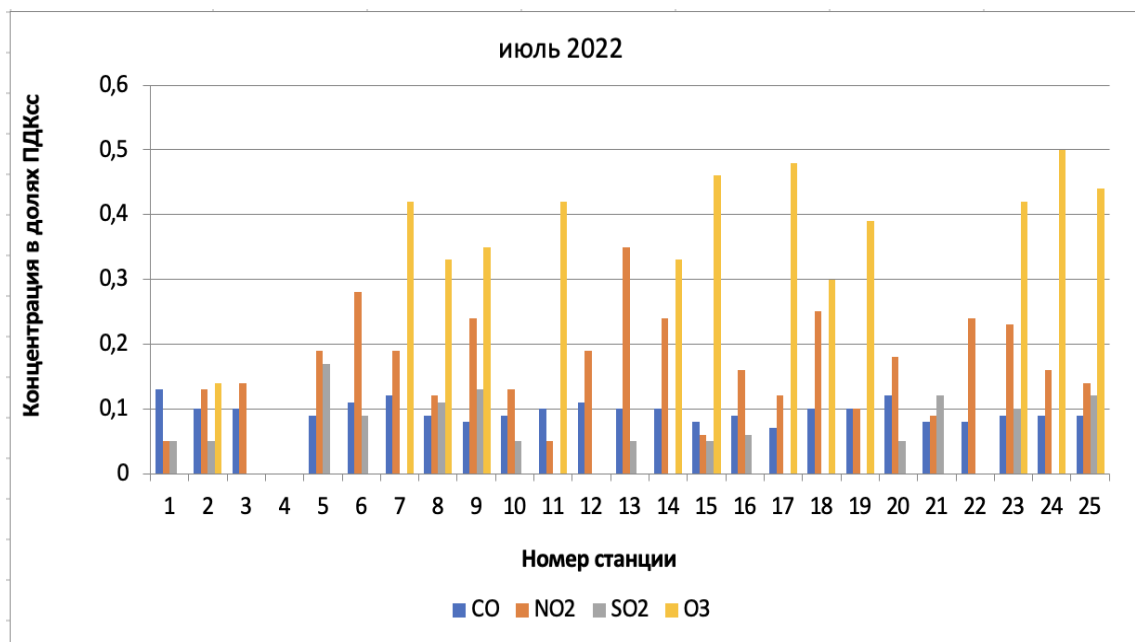


Рисунок 3.2 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO2, SO2, O3 в июле 2022 года.

Максимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,13 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации NO2 наблюдалось:

- На станции №13 (Индустриальный пр., д.64) и составляло 0,35 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации SO2 наблюдалось:

- На станции №5 (пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3) и составляло 0,17 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации O3 наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 0,48 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации СО наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 0,07 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №15 (Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4) и составляло 0,06 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А) и составляло 0,14 ПДК_{сс}

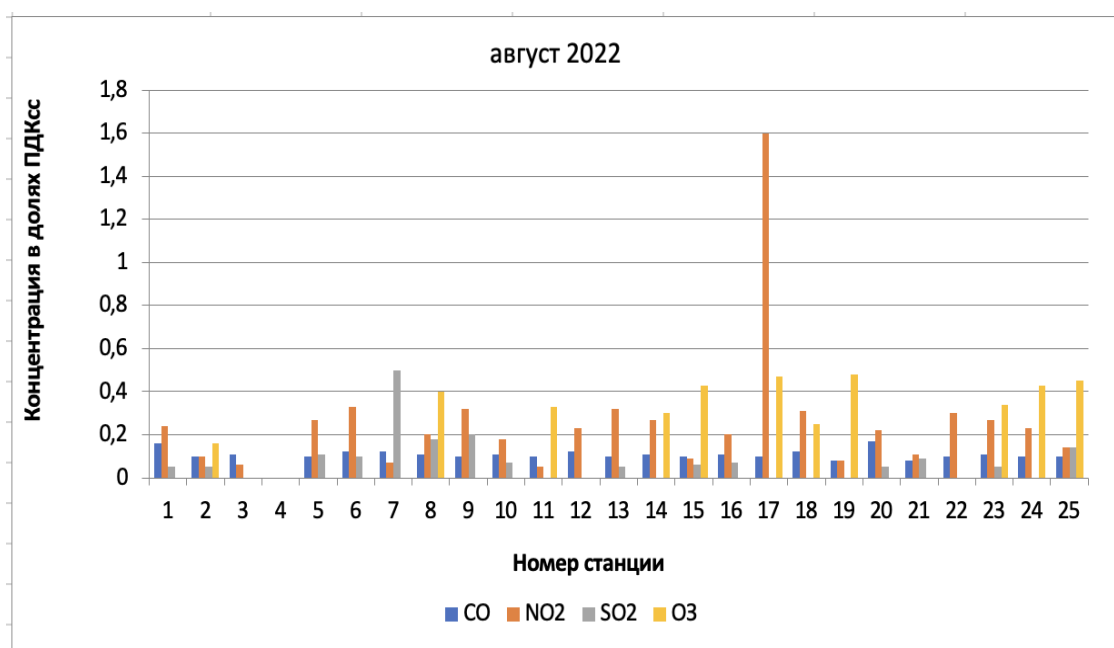


Рисунок 3.3 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO₂, SO₂, O₃ в августе 2022 года.

Максимальные значения концентрации СО наблюдалось:

- На станции №20 (ул. Тельмана, д.24) и составляло 0,17 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 1,6 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №7 (ул. Шпалерная, д. 56) и составляло 0,5 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,48 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,08 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А) и составляло 0,16 ПДК_{сс}

По данным таблиц №3.1-3.3 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ PM_{2,5} и PM₁₀. Они представлены на рисунках №3.4–3.6

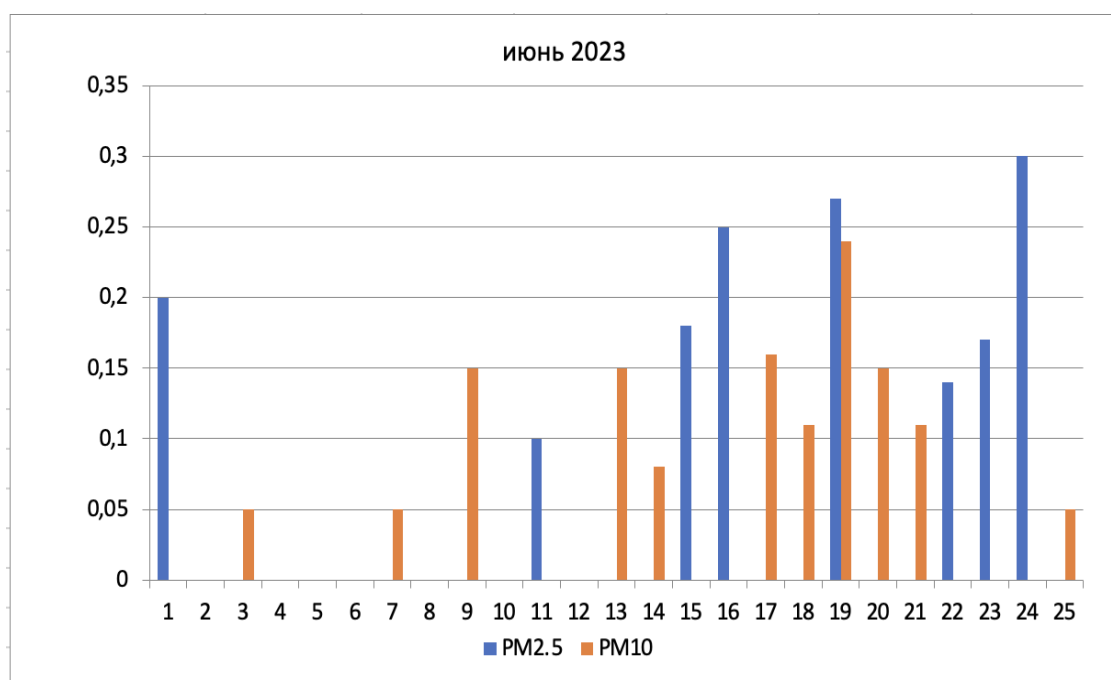


Рисунок 3.4 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в июне 2022 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,27 ПДК_{cc}

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,24 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2) и составляло 0,1 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №3 (ул. Карбышева, д.7) и составляло 0,05 ПДК_{cc}

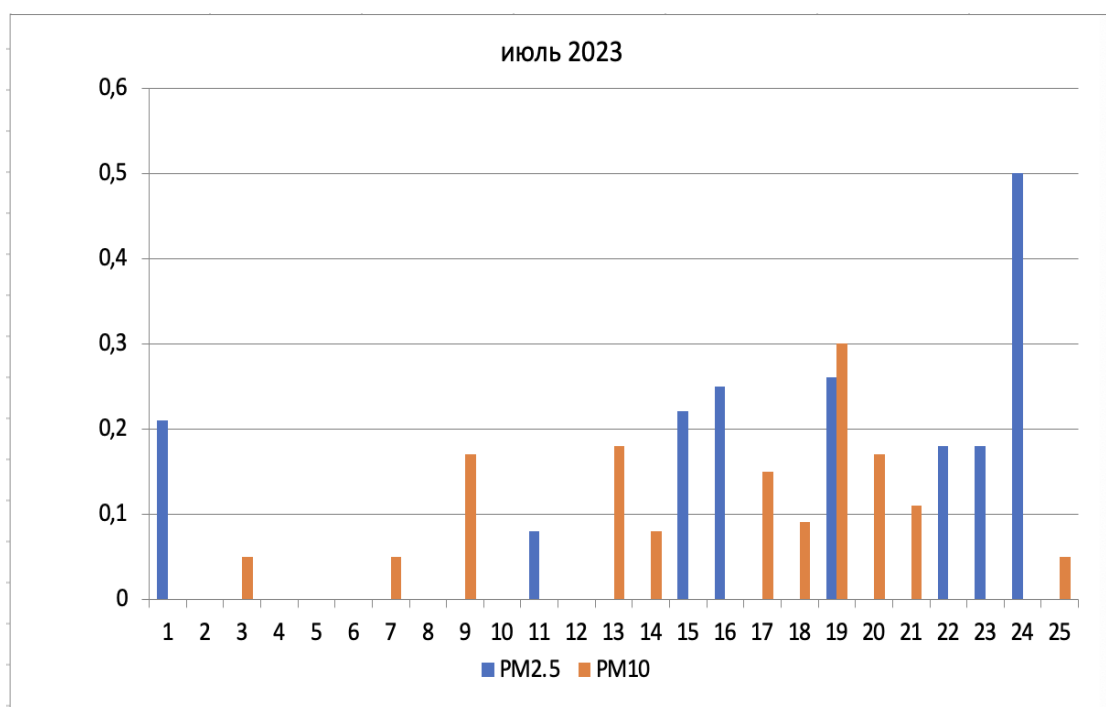


Рисунок 3.5 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в июле 2022 года.

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,26 ПДК_{cc}

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №19 (пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1) и составляло 0,3 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2) и составляло 0,08 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №3 (ул. Карбышева, д.7) и составляло 0,05 ПДК_{cc}

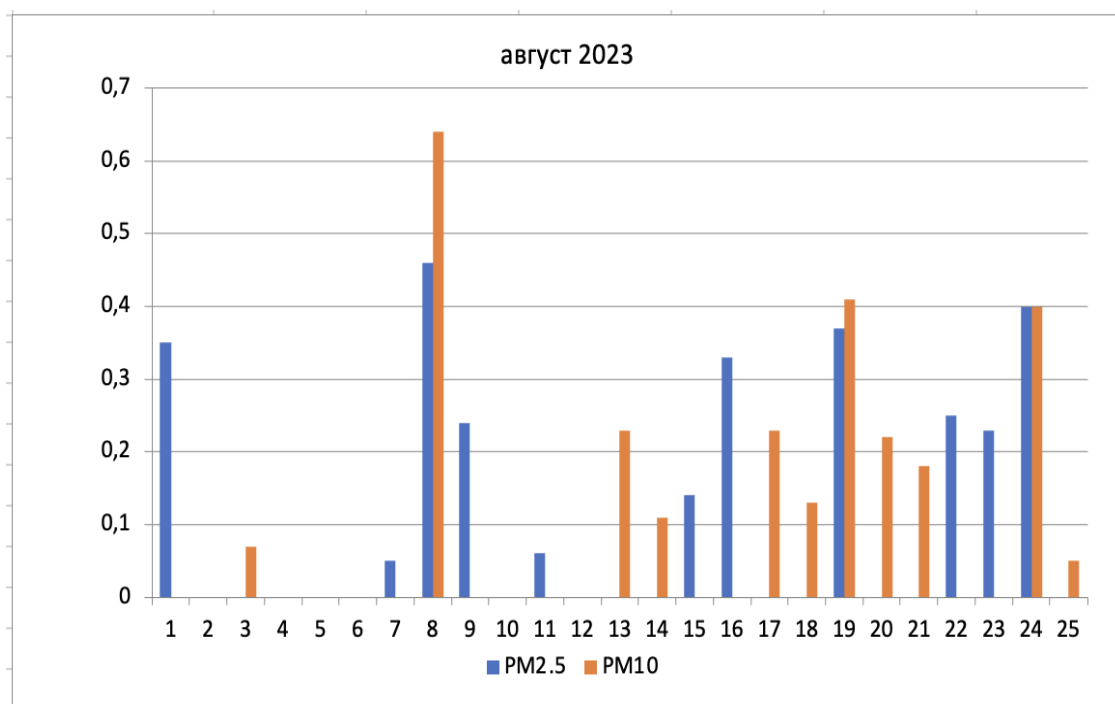


Рисунок 3.6 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM2.5 и PM10 в августе 2022 года

Максимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, 23) и составляло 0,46 ПДК_{cc}

Максимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, 23) и составляло 0,64 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №7 (ул. Шпалерная, д. 56) и составляло 0,05 ПДК_{cc}

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №25 (пос. Металлострой, Железнодорожная ул., 13) и составляло 0,05 ПДК_{cc}

Таким образом, самым загрязненным месяцем оказался август, основная причина большого количества загрязняющих примесей в атмосфере и пыли в этом месяце обуславливается климатическим фактором.

Проведя общий анализ загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге, подведем общую статистику концентрации примесей в атмосфере. По данным таблиц №3.4 построены диаграммы распределения концентраций

загрязняющих веществ CO, NO₂, SO₂, O₃. Они представлены на рисунках №3.7-3.8.

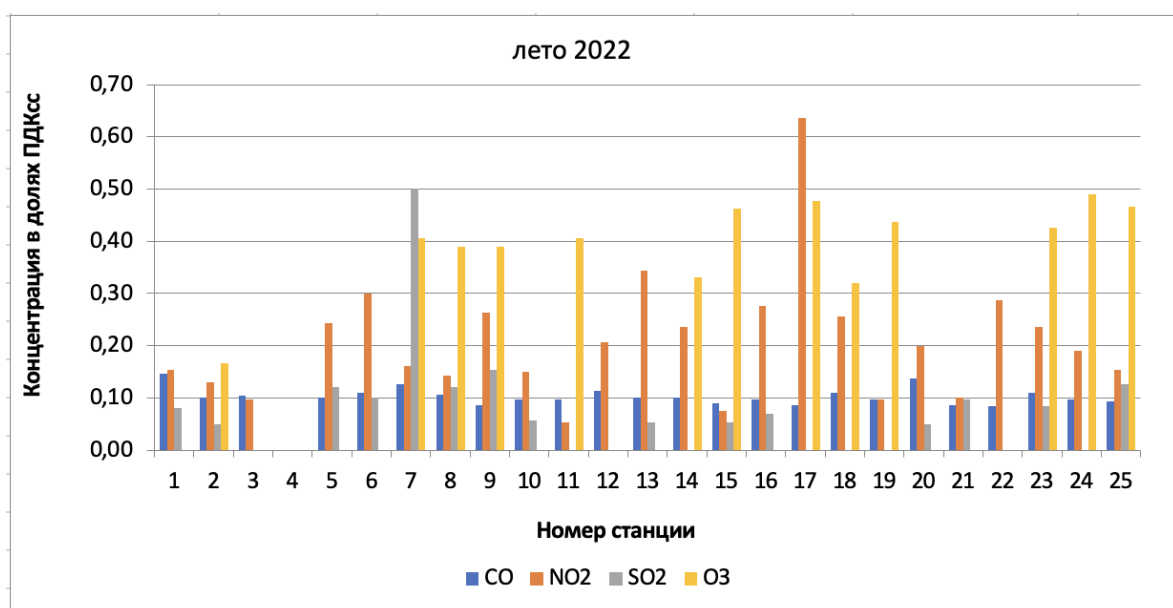


Рисунок 3.7 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ CO, NO₂, SO₂, O₃ летом 2022 года

Максимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №1 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,15 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4) и составляло 0,64 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №7 (ул. Шпалерная, д. 56) и составляло 0,70 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №24 (В.О. Средний пр.,74) и составляло 0,49 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации CO наблюдалось:

- На станции №22 (Канонерский остров, 21, стр. 1) и составляло 0,08 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации NO₂ наблюдалось:

- На станции №11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации SO₂ наблюдалось:

- На станции №2 (ул. Профессора Попова, д.48) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации O₃ наблюдалось:

- На станции №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А) и составляло 0,17 ПДК_{сс}

По данным таблиц №5 построены диаграммы распределения концентраций загрязняющих веществ PM_{2,5} и PM₁₀. Они представлены на рисунке 13.

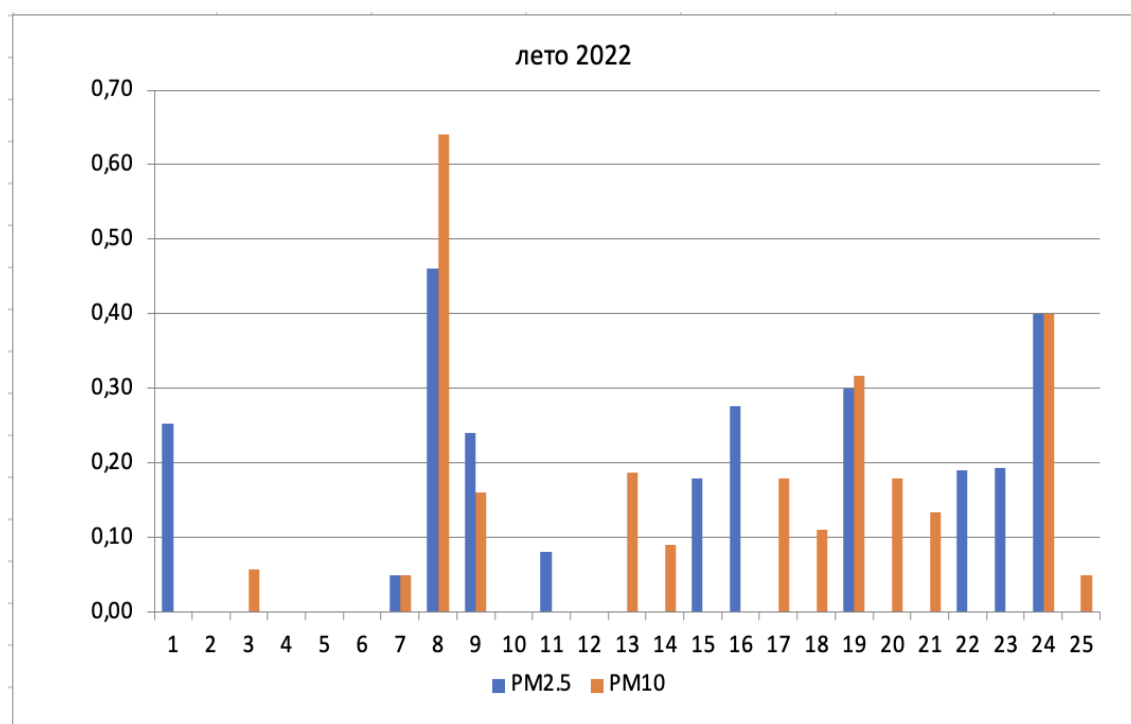


Рисунок 3.8 - Диаграмма распределения концентраций загрязняющих веществ PM_{2.5} и PM₁₀ летом 2022 года

Максимальные значения концентрации PM_{2.5} наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, 23) и составляло 0,48 ПДК_{сс}

Максимальные значения концентрации PM₁₀ наблюдалось:

- На станции №8 (ул. Новосельковская, 23) и составляло 0,64 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации PM2.5 наблюдалось:

- На станции №7 (ул. Шпалерная, д. 56) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

Минимальные значения концентрации PM10 наблюдалось:

- На станции №25 (пос. Металлострой, Железнодорожная ул., 13) и составляло 0,05 ПДК_{сс}

В таблице номер 3.5 представлены максимальное и минимальные значения концентраций загрязняющих веществ

Таблица 3.5 – Максимальные и минимальные значения концентраций загрязняющих веществ

месяц	Максимальные значения концентраций						Минимальные значения концентраций					
	CO	NO2	SO2	O3	PM2.5	PM10	CO	NO2	SO2	O3	PM2.5	PM10
июнь	№1	№16	№1	№24	№19	№19	№22	№11	№2	№24	№11	№3
июль	№1	№13	№5	№17	№19	№19	№17	№15	№2	№2	№11	№3
август	№20	№17	№7	№19	№8	№8	№19	№11	№1	№2	№7	№25

Согласно таблице 3.5, самым загрязненной станцией оказалась №1, эта станция расположена на улице Профессора Попова, д.48 вблизи центра города. Причиной загрязнения воздуха является наличие большого количества, автотранспорта, строительных работ и других источников выброса вредных веществ в атмосферу. Кроме того, интенсивное использование бытовых и промышленных отопительных систем также может способствовать загрязнению воздуха. В пределах станции №1 высокая плотность населения, что усугубляет проблему. Каждый день большое количество людей приезжает на работу или в учебные заведения, используя

собственный транспорт, что также непосредственно влияет на качество воздуха. Станцией, которая зарегистрировала наибольшую концентрацию пыли является станция №19, она расположена на проспекте Ветеранов, дом 167, к. б/1. Причиной тому является то, что данный район является спальным и в описываемом районе проживает большое количество людей. Так же, станция расположена вблизи оживленной дороги (проспект Ветеранов), по которой в сутки проезжает более тысячи автотранспорта, что непосредственно обуславливает обилие пыли в рамках территории станции №19.

Особенное внимание стоит уделить станции №17, расположенной по адресу, г. Пушкин, Тиньков пер., д.4, там обнаружено значение ПДК равное 1,6, что является незначительным превышением нормы. Это связано с тем, что в данном районе расположены многочисленные заводы и в близости нет территорий озеленения, хотя городская местность густозаселённая.

Наименее загрязненной является станция №2, расположенная в городе Колпино. Благоприятная экологическая обстановка на данной территории обусловлена расположением станции в Никольском сквере, так же, данная территория не является густонаселенной, хоть и рядом со станцией расположены жилые дома. Не менее положительным фактором выступает наличие рядом реки Ижора, которая является одним из инструментов улучшения качества воздуха, увлажняя его и снижая концентрацию пыли и загрязняющих веществ. Наименьшая концентрация пыли была зарегистрирована на станции №11, расположенной по адресу г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2. Описываемая станция расположена в зоне Сестрорецкого курорта, который находится в лесу и особенно отличается своими живописными видами и чистым воздухом.

3.2 Построение поля пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ

Для наилучшего анализа и визуальной восприимчивости был использован программный пакет «Surfer» в котором были построены изолинии и 3D модели пространственного распределения загрязняющих веществ CO и NO₂ для каждого месяца и за весь летний период проведения исследования.

Kriging — это метод геостатистического анализа, который используется для прогнозирования значений в неизвестных точках на основе известных значений в близлежащих точках. В методе кригинга значение искомой переменной в неизвестной точке вычисляется как линейная комбинация значений этой переменной в точках-соседях с весами, которые зависят от расстояния до соседних точек и от модели пространственной автокорреляции. Surfer автоматически вычисляет оценки в неизвестных точках путем определения их координат и расстояний 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 исследуемой области, а также учитывают предпочтительные направления распределения этой переменной на поверхности.

На рисунках 3.9-3.11 представлены изолинии распределения CO и объёмная модель этих распределений за июнь, июль, август.

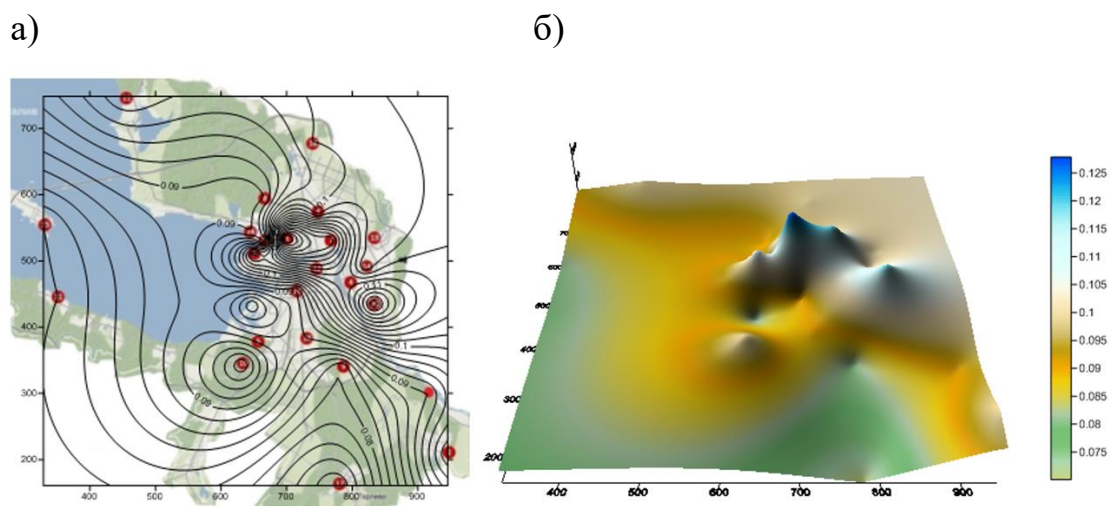


Рисунок 3.9 Пространственное распределение СО за июнь
 а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Анализируемые данные представлены в долях ПДК_{сс}, поэтому все значения, не превышающие 1 считаются допустимыми.

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции концентрация СО не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,07 до 0,15 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №1 расположенной на ул. Профессора Попова, д.48 в Петроградском районе города, наиболее загрязненным оказался Центральный район, а наименее – Курортный район.

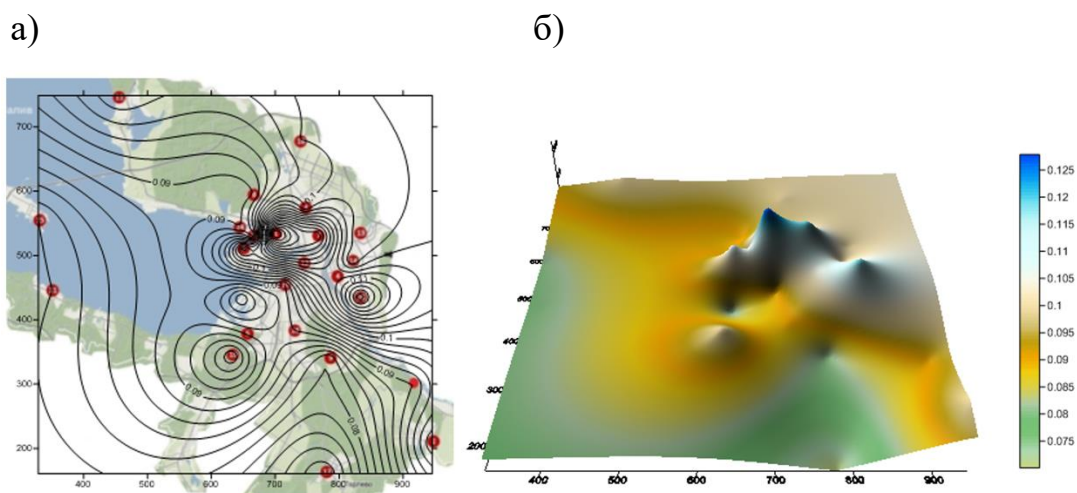


Рисунок 3.10 Пространственное распределение СО за июль
 а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции концентрация CO не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,07 до 0,13 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №1 расположенной на ул. Профессора Попова, д.48 в Петроградском районе города, наиболее загрязненным оказался Центральный район, а наименее – Курортный район.

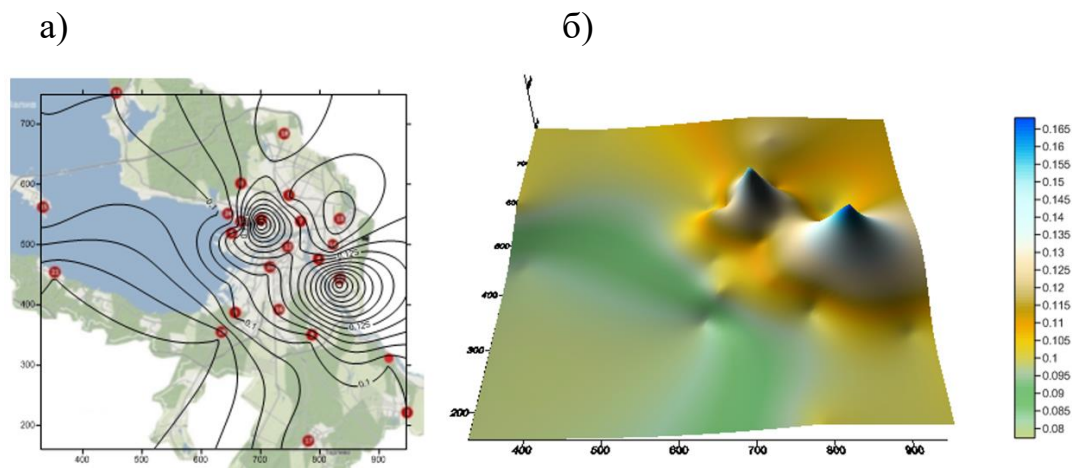


Рисунок 3.11 Пространственное распределение CO за август

а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции концентрация CO не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,08 до 0,17 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №20 расположенной на улице Тельмана, д.24 в Невском районе города, наиболее загрязненным оказался Невский и Центральные районы, а наименее – Курортный район.

На рисунке 3.12 представлено пространственное распределение CO за летний период 2022 года.

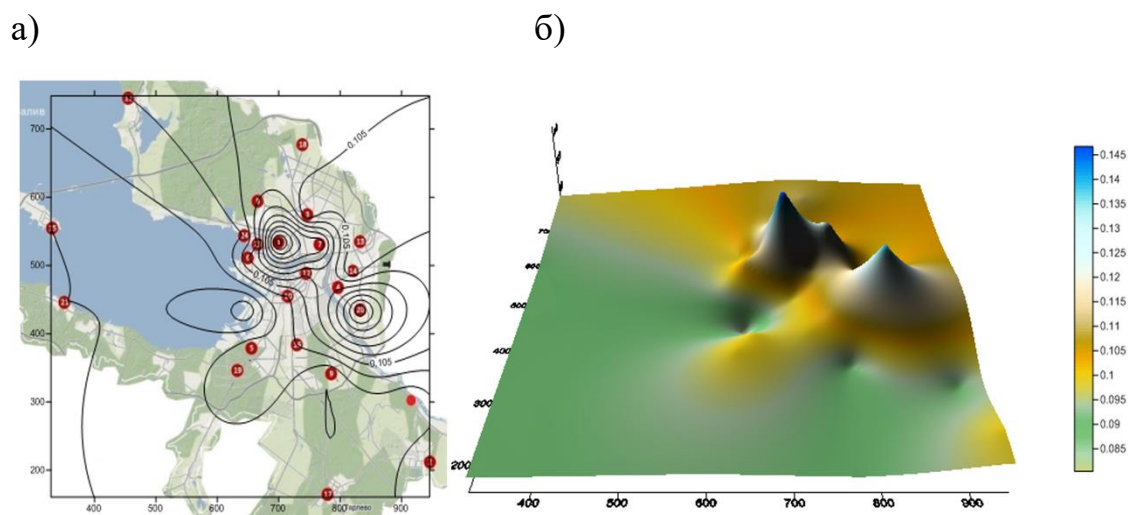


Рисунок 3.12 Пространственное распределение СО за лето 2022
ГОД

а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции концентрация СО не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,08 до 0,17 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №20 расположенной на улице Тельмана, д.24 в Невском районе города, наиболее загрязненным оказался Невский и Центральные районы, а наименее – Курортный район. Рассчитанные средние значения загрязняющих веществ в летний период подтверждают, что самыми загрязненными районами являются Невский и Центральный, но среднее максимальное значение концентрации в долях ПДК за летний период составляет 0,15 ПДК_{сс}, что входит в предельно-допустимые значения.

На рисунках 3.13-3.15 представлены изолинии распределения NO₂ и объёмная модель этих распределений за июнь, июль, август.

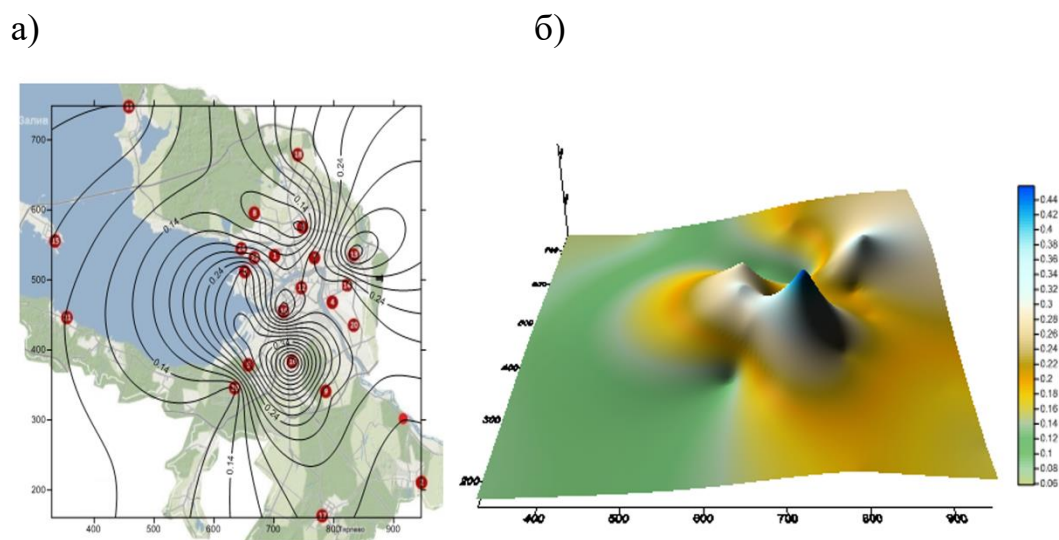


Рисунок 3.13 Пространственное распределение NO₂ за июнь
 а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, ни на одной станции концентрация NO₂ не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,06 до 0,47 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №16 расположенной по адресу улица Севастьянова, д.11 в Московском районе города, наиболее загрязненным оказался Московский и Центральный районы, а наименее – Курортный район и город Колпино.

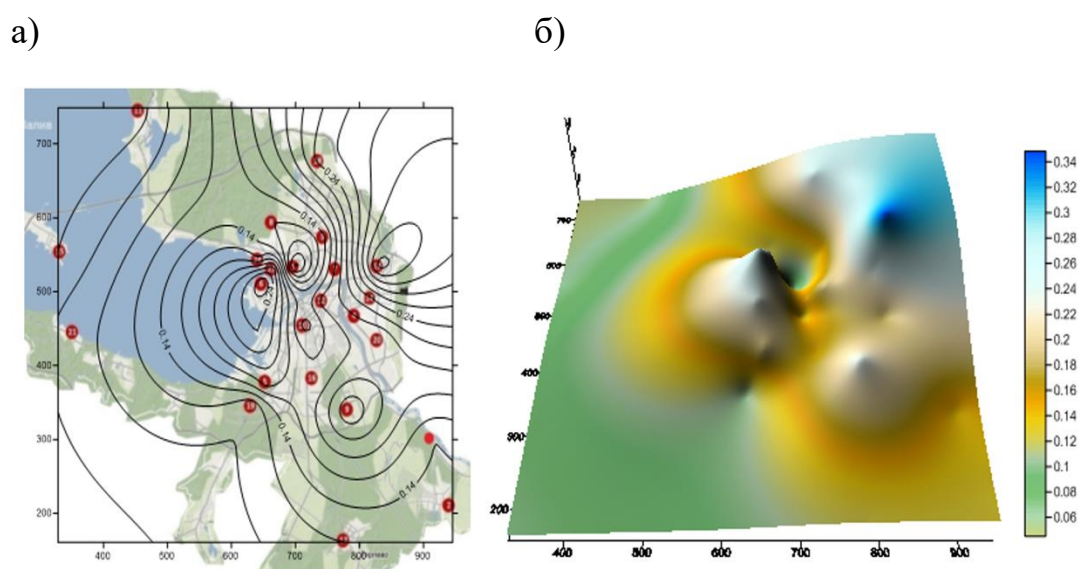


Рисунок 3.14 Пространственное распределение NO₂ за июль
 а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что ни на одной станции концентрация NO₂ не превысила норму. Концентрация изменялась от 0,06 до 0,35 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №13 расположенной по адресу Индустриальный пр., д.64 в Красногвардейском районе города, наиболее загрязненным оказался Красногвардейский, Петроградский и Центральный районы, а наименее – Курортный район.

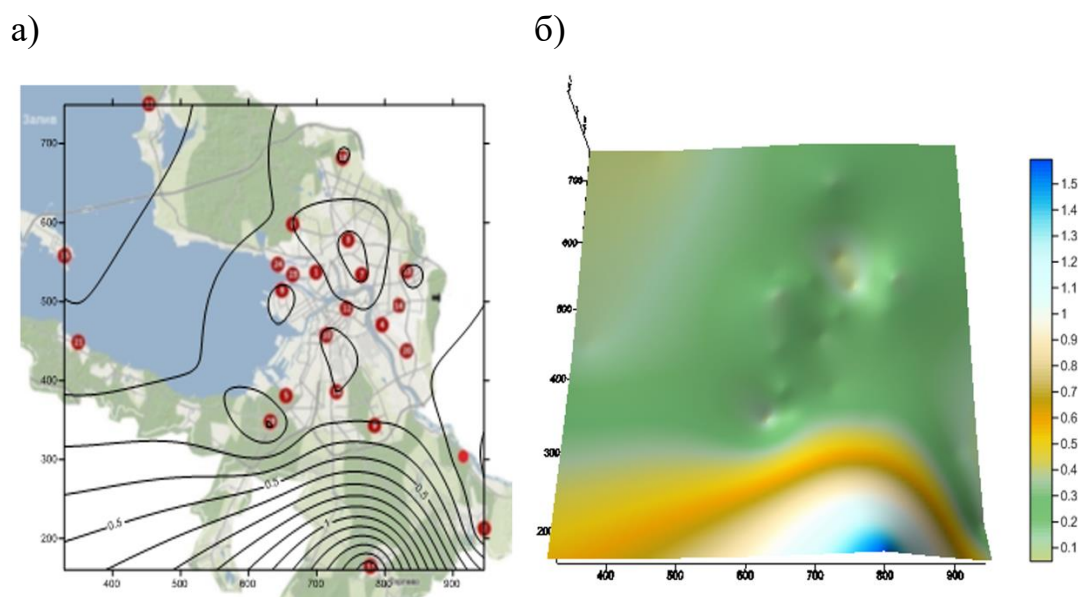


Рисунок 3.13 Пространственное распределение NO₂ за август
а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что на станции №17 концентрация NO₂ превысила норму и составила 1,6 ПДК_{сс}. Концентрация изменялась от 0,05 до 1,6 ПДК_{сс}. Выделить максимум можно на станции №17 расположенной по адресу Тиньков пер., 4 в городе Пушкин.

На рисунке 3.14 представлено пространственное распределение NO₂ за летний период 2022 года.

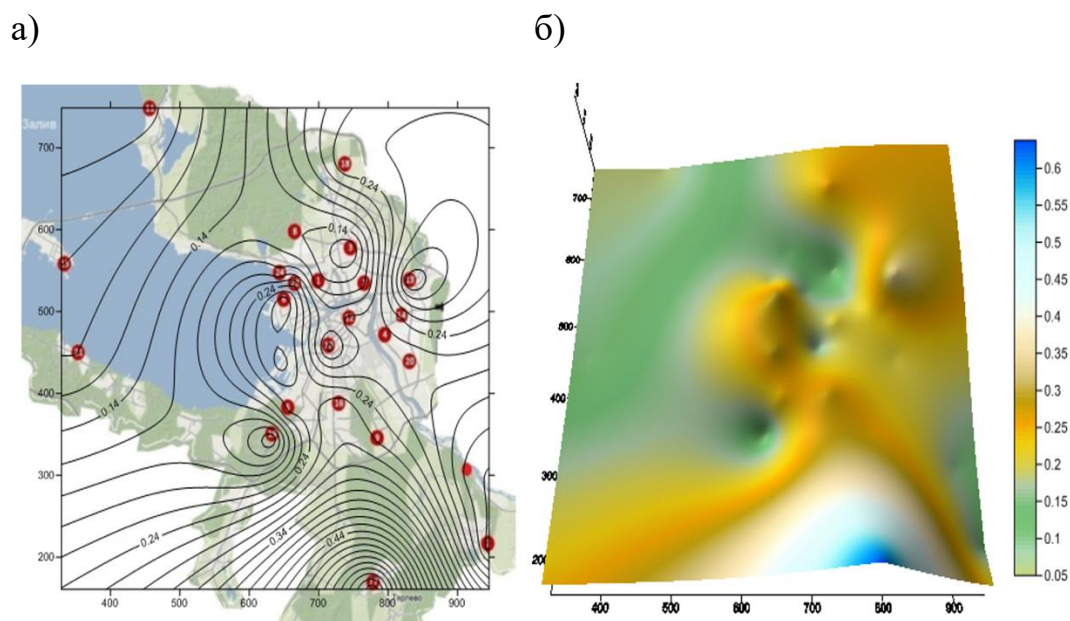


Рисунок 3.14 Пространственное распределение NO₂ за лето 2022 год
 а) изолинии; б) 3D изображение распределения

Из представленных графиков видно, что на станции №17 ПДК превысило норму, это связано с обильным наличием заводов на данной территории, обильной жилой застройкой, близостью дорог и отсутствием озеленения территории. Концентрация изменялась от 0,05 до 1,6 ПДК_{сс}. Наиболее загрязненным оказались Московский, Красногвардейский и Центральные районы, а наименее – Курортный район, так как располагается в лесной зоне с большой концентрацией растений, которые в свою очередь, поглощают некоторые загрязняющие вещества. Рассчитанные средние значения загрязняющих веществ в летний период подтверждают, что самыми загрязненными районами являются Центральный и Петроградские районы, но превышение допустимого значения было зарегистрировано в городе Пушкин.

3.3 Определение зависимости между распределением загрязняющих веществ в атмосфере и метеорологическими параметрами

Для определения зависимости между распределением загрязняющих веществ и метеорологических параметров, необходимо учитывать климатические характеристики сезона в целом и погоду в

рассматриваемые месяца в частности. Для наилучшего анализа, обзор погоды будет составлен, опираясь на данные, предоставляемые ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [19].

Климатологическая характеристика сезона: Ленинградская область относится к зоне умеренного климата, переходного от океанического к континентальному, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. В период лета, который длится с начала июня до конца первой декады сентября, отмечается умеренно теплая погода. Средняя температура летних месяцев на протяжении нескольких лет находится в пределах 14°C-17°C. Самый теплый месяц - июль. Самым теплым за весь имеющийся ряд наблюдений было лето 1972 года, когда во все летние месяцы средняя месячная температура была на 3-4°C выше средней многолетней, а самым холодным – лето 1976 года, когда все летние месяцы были на 1-3°C холоднее обычных.

В летний период наблюдается наибольшее количество осадков по сравнению с другими сезонами. Опасные природные явления, такие как ливни, грозы, град и шквалы, часто связаны с конвективной облачностью, которая развивается как на атмосферных фронтах, так и внутри неустойчивых влажных воздушных масс. Значительные усиления ветра характерны в основном для кратковременных шквалов, а повторяемость штилей является наибольшей.

Обзор погоды июня 2022 года: В первой и второй декаде июня в Ленинградской области сложились погодные условия, обусловленные чередующимся воздействием циклонических и антициклонических процессов. Дождливые периоды сменялись отдельными погожими днями, причем дожди в основном были кратковременными и нередко ливневыми. В некоторых районах области в период с 14 по 15 июня выпало более половины месячной нормы осадков из-за действия "южного" циклона. В третьей декаде июня установился антициклон, который привел к сухой и жаркой погоде в регионе. Воздух постепенно прогревался, хотя

температурный фон 21-22 июня был немного ниже климатической нормы. В целом за месяц аномалия среднемесячной температуры воздуха составила +0,8...+1,7 градуса, а месячная сумма осадков была в диапазоне от 45-98% от климатической нормы в большинстве районов области. Согласно данным ОГМС, Санкт-Петербург, среднемесячная температура воздуха в июне в городе составила +17,6 градуса, превышая климатическую норму на 1,5 градуса. Месячная сумма осадков составила 46,3 мм или 67% от климатической нормы, а суммарная продолжительность солнечного сияния за месяц превышала климатическую норму на 23%. Небольшое температурное отклонение от нормы, нормальное количество осадков и стандартные климатические показатели по остальным метеорологическим параметрам привели к увеличению значений концентраций диоксида азота и угарного газа по соотношению с следующим месяцем.

Обзор погоды июля 2022 года: В начале июля в Ленинградской области преобладали антициклонические процессы, вызывая малооблачную, сухую и жаркую погоду. Температурный фон был значительно выше нормы, а рекорды ежедневных максимумов были побиты в Санкт-Петербурге. С 5 июля началась череда циклонических воздействий, сопровождающихся дождями и грозами. Температуры стали ближе к климатической норме, но в отдельные дни все же достигали +27...+33 градусов. 21-22 июля гребень европейского антициклона привел к прекращению осадков и повышению температуры воздуха, а во второй половине месяца циклоны приводили к ежедневным дождям и грозам, но температуры были немного ниже нормы. Среднемесячная температура воздуха была выше нормы, а суммарная продолжительность солнечного сияния практически соответствовала климатической норме. Осадки выпадали приблизительно в пределах нормы, за исключением некоторых районов. Температурное отклонение от нормы в начале месяца, чередующиеся грозы и обильные осадки, а так же стандартные климатические показатели по остальным метеорологическим параметрам привели к увеличению концентрации загрязняющих веществ в атмосфере.

Обзор погоды августа 2022 года: Большую часть августа погодные условия в Ленинградской области формировались под влиянием процессов антициклонического характера. В регионе наблюдалась малооблачная, преимущественно сухая и жаркая погода. Температурный фон превышал климатические показатели на 2...5 градусов, а в отдельные дни на 6...8 градусов. Частенько максимальные дневные температуры воздуха достигали 30-градусной отметки. Ночные температуры воздуха при этом находились в пределах от +12 до +17 градусов, у водоемов местами до +20 градусов. В Санкт-Петербурге (по данным ОГМС Санкт-Петербург, расположенной в Петроградском районе города) 17, 18, 24 и 28 августа были превышены ежедневные максимумы температуры воздуха за весь период инструментальных наблюдений. Температура воздуха в эти дни повышалась до +30,1 градуса 17 августа, до +30,6 градуса 18 августа, до +31,1 градуса 24 августа и до +30,7 градуса 28 августа (предыдущие рекорды 17 августа +29,9 градуса в 2008 году, 18 августа также +29,9 градуса в 1941 году, 24 августа +27,5 градуса в 1939 году и 28 августа +29,8 градуса в 1997 году). Активные циклонические воздействия наблюдались лишь в начале и в конце месяца. В период с 1-2 августа и 6-7 августа произошли дожди по всей территории, в некоторых местах сильные. На территории отмечались грозы и шквалистые порывы ветра 6-7 августа. Температура находилась немного ниже климатической нормы. Ночные температуры воздуха на 1-2 августа были в пределах от +10 до +15 градусов по Цельсию, а дневные температуры составляли от +17 до +22 градусов по Цельсию. Только в восточных районах температуры достигали +23...+25 градусов по Цельсию. Днем 6 августа в теплом секторе циклона воздух прогрелся до +27...+31 градуса по Цельсию. Однако, за холодным фронтом температура воздуха резко понизилась, и днем 7 августа уже не превышала +19...+21 градус по Цельсию. Резкое ухудшение погодных условий произошло 30-31 августа. Южный циклон, траектория смещения которого проходила через крайние восточные районы Ленинградской области, принес в регион дожди, местами сильные и очень

сильные, и усиление ветра. Заток холода в его тыловой (западной) части обусловил значительное понижение температуры воздуха. 30 августа днем температура воздуха не превышала +13...+17 градусов. 31 августа температурный фон еще понизился. После ночных +8...+10 градусов днем температура воздуха составила всего +9...+13 градусов. Согласно отчету ОГМС Санкт-Петербурга, среднемесячная температура воздуха составила +20,6 градуса по Цельсию, превышая климатическую норму на 3,2 градуса. Август 2022 года стал самым теплым в истории наблюдений в Санкт-Петербурге, начиная с 1881 года. Месячная сумма осадков составила 112,1 мм, что на 130% превышает климатическую норму. Суммарная продолжительность солнечного сияния за месяц составила 268 часов, превышая климатическую норму на 121%. Август отличился повышенными температурами воздуха по сравнению с другими месяцами и поставил рекордный результат отклонения от нормы, так же сумма осадков так же предельно превысила нормальные значения. Данные явления привели к тому, что август стал самым загрязненным месяцем за рассматриваемый период [19].

Заключение

Санкт-Петербург является одним из ключевых регионов России, который включает в себя историческое наследие, туристические кластеры, является важнейшим экономическим центром, а также является вторым по численности населения городом России. Множество критерий обуславливает острую экологическую проблему региона.

В текущей работе был рассмотрен состав атмосферы, проведен анализ загрязняющих веществ и представлен анализ основных загрязняющих примесей в атмосфере. Далее были изучены параметры экологического мониторинга в целом и Санкт-Петербурга в частности. С помощью использования данных со станций экологического мониторинга атмосферы были вычислены среднемесячные результаты концентраций загрязняющих веществ и по ним были построены таблицы и диаграммы. Для наглядного анализа, с помощью программы «Surfer», были построены 3D модели пространственного распределения загрязняющих веществ в пределах территории Санкт-Петербурга.

По результатам работы стало известно, что из трех исследуемых месяцев (июнь, июль, август) 2022 года самым загрязненным оказался август, в этом месяце наблюдалось превышение осадков и увеличение средней температуры воздуха до рекордно-высоких значений. Так же, было выявлено, что в августе было превышение содержания NO_2 на станции №17, расположенной в городе Пушкин, что было обусловлено как метеорологическими параметрами атмосферы, так и антропогенным воздействием, в остальные же месяцы, превышений выявлено не было. Так же, центральные районы были загрязнены во все месяца, что так же обусловлено антропогенными факторами. Наиболее чистыми оказались станции, расположенные в курортных районах города, что обусловлено обилием растительного мира и минимальным количеством автотранспорта, дорог, заводов и так далее.

Научно-технический прогресс не стоит на месте и развитие техники неизбежно, но жизненно важно стремиться к уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу путем: строительства лесопарковых зон, совершенствование систем очистки газа на предприятиях и увлечения использование альтернативных, нескончаемых природных источников энергии.

Список литературы

1. Тарасов Л. В. Атмосфера нашей планеты. – Физматлит. – 2012. – 13 с.
2. Официальный сайт Гидрометцентра России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 15.05.2023).
3. Официальный сайт министерства природных ресурсов и экологии Кузбасса [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kuzbasseco.ru> (дата обращения: 16.05.2023).
4. Спиридонова О. Г. Ядовитые газы. – 2006. – 331-333 с.
5. Официальный сайт всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.who.int/ru> (дата обращения: 16.05.2023).
6. Кутлимурадов У. М. Экология. – 2019. – 249-251 с.
7. Большой энциклопедический словарь. – Большая Российская энциклопедия – 2002. – 485 с.
8. Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об охране атмосферного воздуха".
9. Петрович Х. А., Редина М. М. Экологический мониторинг. – Юрайт. – 2020. – 52-56 с.
10. Соколов В. А. Методы анализа газов. – 1965. – 65 с.
11. Алдошин С. М., Мешалкин В. П. – Современные проблемы экологии. – Инновационные технологии. – 2022. – 3-9 с.
12. Кравченко И. В. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 4 изд. - 1969.
13. Настич Н.В. Основные метеорологические приборы. – Евразийский научный журнал – 2016. - 256-258 с.
14. Стернзат М. С. -Метеорологические приборы и наблюдения. – Гидрометеоиздат – 1968. – 365 с.
15. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.infoeco.ru> (дата обращения: 23.05.2023).

16. Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sc-mineral.ru/> (дата обращения 23.05.17).
17. Соколов В.А. Автоматические станции контроля загрязнения атмосферного воздуха. Газоанализаторы и пылемеры. - Л.: Март,2007 [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.rmo.ru/ru/nmоборудovanie/nmоборудovanie/2007-1/75_78_ОТА_01_2007.pdf (дата обращения 23.05.17).
18. ООО "Мониторинг" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ooo-monitoring.ru/> (дата обращения 25.05.17.)
19. Официальный портал ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteo.nw.ru> (дата обращения 23.05.17).