



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 Буранов Дмитрий Андреевич
(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
(фамилия, имя, отчество)

«06» июня 2026 года

Санкт-Петербург
2026

Содержание

Введение	3
1 Сведения об атмосфере и загрязняющих веществах	5
1.1 Атмосфера, строение и химический состав	5
1.2 Источники загрязнения атмосферы и основные виды загрязняющих веществ.....	8
1.3 Санитарно-гигиеническая оценка качества воздуха	11
1.4 Влияние метеоусловий на концентрацию загрязняющих веществ	13
2 Организация наблюдений за качеством атмосферного воздуха	15
2.1 Подходы к отслеживанию загрязнения воздушного бассейна	15
2.2 Приборы и датчики для измерения концентраций загрязняющих веществ	16
2.3 Сеть автоматических станций наблюдения за воздухом в Санкт-Петербурге	18
3 Пространственное распределение загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы Санкт-Петербурга в летний сезон 2025 года	23
3.1 Сравнительный анализ средних концентраций основных загрязнителей ..	23
3.2 Построение изолиний и трёхмерных моделей распределения примесей ..	33
3.3 Влияние погодных условий на уровни загрязнения воздуха	50
Заключение	53
Список литературы	55

Введение

Современные мегаполисы сталкиваются с серьёзной экологической проблемой – загрязнением приземного слоя воздуха. Санкт-Петербург, занимающий второе место по численности населения в России, не является исключением. Высокая концентрация автотранспорта, работа промышленных зон и энергетических объектов создают постоянную антропогенную нагрузку. В этих условиях систематический мониторинг качества воздуха и анализ того, как вредные вещества распределяются по территории города, становятся необходимым инструментом для оценки экологического благополучия.

Настоящая работа опирается на данные, полученные с 25 автоматических станций наблюдения, что обеспечивает её практическую направленность и актуальность. Результаты дают возможность не только оценить текущий уровень загрязнения атмосферы над Северной столицей, но и выявить наиболее проблемные зоны, а также установить, как погодные факторы влияют на формирование концентраций поллютантов.

Цель исследования – проанализировать пространственное распределение концентраций загрязняющих веществ в нижнем слое атмосферы Санкт-Петербурга за летние месяцы 2025 года и определить степень влияния метеорологических параметров на уровень загрязнения.

В соответствии с целью были сформулированы следующие задачи:

Обобщить теоретические знания об атмосфере, основных типах загрязнителей, критериях оценки чистоты воздуха и метеорологических факторах, влияющих на их содержание.

Выполнить расчёт среднемесячных и сезонных показателей концентраций загрязнителей на основе измерений 25 автоматических станций за июнь, июль и август 2025 года.

Построить карты пространственного распределения этих веществ в границах Санкт-Петербурга.

Выявить точки наблюдения с максимальным и минимальным уровнем загрязнения, а также определить самые неблагоприятные по экологической обстановке городские районы.

Установить характер зависимости между метеорологическими условиями и концентрациями вредных примесей.

Объектом исследования выступает атмосферный воздух в пределах территории Санкт-Петербурга в летний сезон 2025 года.

Предметом исследования является пространственное распределение концентраций загрязняющих веществ.

Структура выпускной квалификационной работы: введение, три главы, заключение и библиографический список. Первая глава носит теоретический характер – здесь рассмотрены сведения об атмосфере, загрязнителях, нормативах качества воздуха и влиянии погоды. Вторая глава посвящена методам мониторинга, техническим средствам и описанию автоматизированной системы контроля атмосферы Петербурга. Третья глава содержит анализ средних концентраций, построение полей распределения загрязнителей и выявление связей между загрязнением и метеопараметрами в летний период 2025 года. В заключении обобщены основные результаты работы.

1 Сведения об атмосфере и загрязняющих веществах

1.1 Атмосфера, строение и химический состав

Планету Земля окружает воздушная оболочка, которая называется атмосферой [1]. Она вращается вместе с планетой и состоит из смеси газов, в которых взвешены пыль, капли воды, ледяные кристаллы и аэрозоли. Прямые и косвенные наблюдения подтверждают, что атмосфера слоистая [2].

Основные слои атмосферы: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и экзосфера [3]. Переходные зоны между ними называют тропопаузой, стратопаузой, мезопаузой и термопаузой. Точных границ у слоёв атмосферы не бывает. Их высота зависит от широты, времени года, погодных условий и солнечной активности. На рисунке 1.1 представлена схема строения атмосферы.

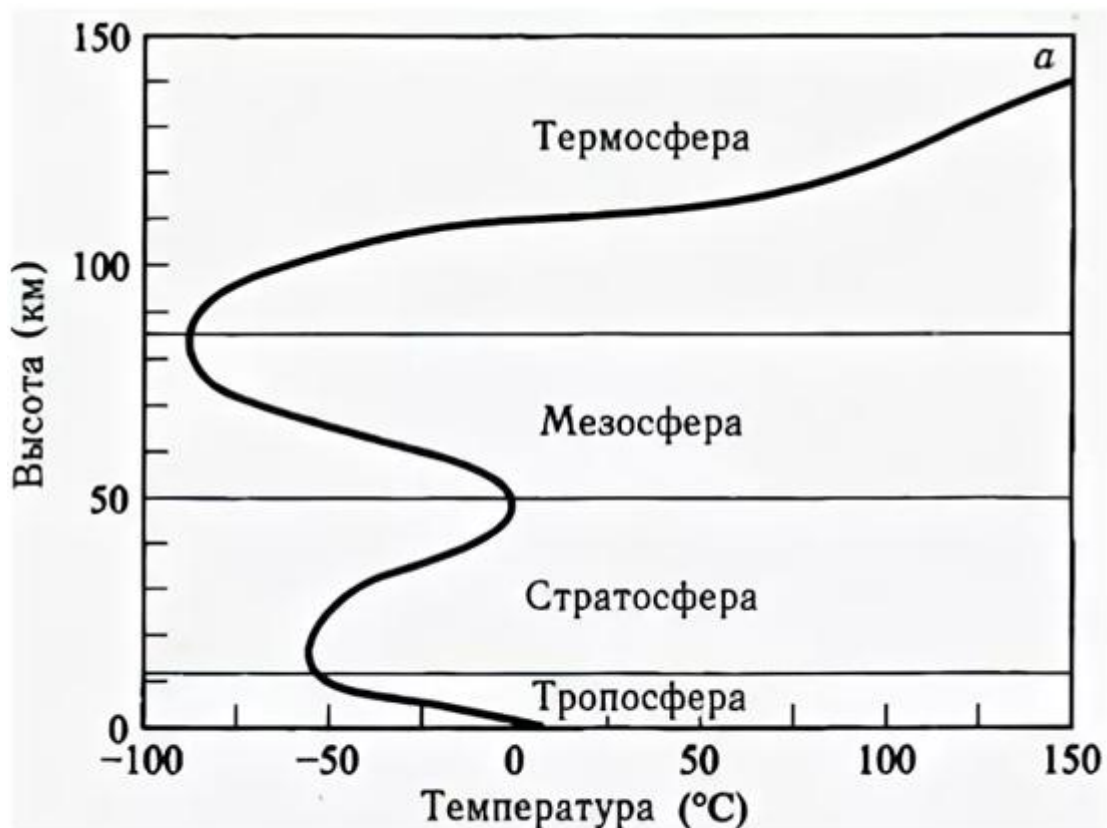


Рисунок 1.1 – Строение атмосферы

С высотой давление и плотность падают. Атмосфера не обрывается резко, а постепенно сходит на нет, и на высоте более 20 тысяч километров плотность её газов приближается к плотности межпланетного пространства.

Атмосферу Земли изучают физическими и математическими методами, которые позволяют установить количественные связи между атмосферными явлениями и метеорологическими характеристиками. Анализ этих характеристик и знание закономерностей их развития дают возможность строить научно обоснованные прогнозы погоды [1].

Тропосфера представляет собой самый нижний из всех слоёв земной атмосферы, непосредственно прилегающий к поверхности планеты. Именно в этом слое происходят ключевые процессы, формирующие погоду и климат. Одной из важнейших характеристик тропосферы является закономерное изменение температуры с высотой, при подъёме на каждые 100 метров температура воздуха понижается на $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$. В отдельных случаях вертикальное распределение температуры может сильно отклоняться от этого среднего значения, при возникновении температурных инверсий или в зонах атмосферных фронтов. В тропосфере наиболее интенсивно развита турбулентность, которая способствует перемешиванию газов, влаги и примесей. Высота верхней границы тропосферы неодинакова на разных широтах: над полярными областями она простирается примерно до 9 километров, в умеренных широтах поднимается до 12 километров, а над экватором достигает 18 километров. Все особенности тропосферы определяют погодные условия и климатические особенности в разных частях Земли.

Пограничный слой атмосферы находится от поверхности до 1000–1500 м. Из-за влияния земли и турбулентного обмена здесь ярко выражен суточный ход метеорологических элементов. Скорость ветра растёт с высотой, а направление ветра совпадает с направлением изобар. Нижние 50–100 м – приземный слой –

в нём тепловое влияние подстилающей поверхности, нагрев или охлаждение проявляются сильнее всего [1].

По химическому составу воздух у поверхности разделяется два газа: азот и кислород. Оставшаяся доля приходится на аргон, углекислый газ, а также неон, гелий, метан, криптон и водород. В таблице 1.1 представлен химический состав атмосферы.

Таблица 1.1 – Химический состав атмосферы [2]

Наименование основных компонентов	Объёмное содержание (%)
Азот (N ₂)	78,09
Кислород (O ₂)	20,95
Аргон (Ar)	0,93
Углекислый газ (CO ₂)	0,02–0,04
Неон (Ne)	0,0018
Гелий (He)	0,000524
Криптон (Kr)	0,000114
Водород (H ₂)	0,00005
Ксенон (Xe)	0,0000087
Озон (O ₃)	0,000001
Сухой воздух	0,00001

Концентрация водяного пара непостоянна и зависит от температуры и широты, от долей процента в полярных широтах до 3–4% в экваториальных тропиках. Водяной пар вызывает парниковый эффект и облакообразование.

Аэрозоли – твердые и жидкие частицы, которые взвешены в воздухе. Концентрация аэрозолей сильно изменяется, над океаном воздух менее загрязнен, над пустыней или городами может быть густо насыщен мельчайшей взвесью. Частицы аэрозолей – это ядра конденсации.

Переходный слой к стратосфере – тропопауза – имеет толщину 1–2 км и является задерживающим слоем для вертикальных движений. Высота самой тропопаузы может варьироваться на несколько километров. Ниже всего она опускается над глубокими холодными циклонами, а выше всего поднимается над хорошо развитыми антициклонами. От экватора к полюсам высота тропопаузы понижается, вместе с ней меняется и температура воздуха на этом уровне, от -80°C над экватором до -50°C над полюсами.

От 50 до 80–85 км располагается мезосфера. Температура опускается до -90°C и ниже. У мезопаузы иногда появляются серебристые облака – самые высокие облака в атмосфере.

Выше мезопаузы располагается термосфера до высоты 500–1000 км. В термосфере происходят полярные сияния и лежит значительная часть ионосферы, отражающей радиоволны.

Экзосфера – это внешняя оболочка атмосферы. Она начинается от 500–1000 км и постепенно рассеивается в космическом пространстве, простираясь до 10000 км и далее. Экзосфера плавно переходит в межпланетное пространство.

1.2 Источники загрязнения атмосферы и основные виды загрязняющих веществ

Все существующие источники загрязнения атмосферы делятся на две крупные категории:

1. Естественные – природные источники, к которым относятся: извержения вулканов, лесные пожары, пыльные бури и другие природные процессы.

2. Антропогенные – это источники загрязнения, созданные человеком: автомобильный транспорт, промышленные предприятия, тепловые

электростанции, сельское хозяйство и другие виды деятельности, созданные человеком. Деятельность людей составляет большую часть всех вредных выбросов на планете [4].

Угарный газ – это вещество является одним из наиболее распространённых и опасных антропогенных загрязнителей воздуха. Он появляется, когда органическое топливо сгорает не полностью. В городах главными источниками СО являются выхлопы машин, промышленные трубы и пожары. Концентрации 0,02–0,05% достаточно, чтобы появились симптомы отравления, при 1% смерть наступает в течение нескольких минут [5].

Углекислый газ – естественный газ атмосферы. Причиной его повышения являются сжигание угля, нефти, газа, вырубка лесов, заводы. Высокий уровень CO_2 не только нагревает планету, но и воздействует на человека. При 3–5% начинает болеть голова, частота сердечных сокращений повышается, дыхание сбивается. При 7–10% человек теряет сознание, возможен смертельный исход. В закрытых помещениях углекислый газ скапливается внизу [6].

Оксид азота образуется при высоких температурах, например в двигателях внутреннего сгорания или на ТЭС.

Диоксид азота – газ красно-бурого цвета с резким запахом. Продукт высокотемпературного горения: автомобили, промышленные котлы, электростанции. NO_2 вызывает раздражение дыхательных путей. При кратковременном воздействии в концентрации 0,5–1,0 мг/м³ появляется раздражение верхних дыхательных путей. Если подвергаться воздействию дольше или концентрация выше, может развиваться токсический отёк лёгких.

Взвешенные частицы:

PM10 – частицы до 10 микрон, например пыльца, крупная пыль, споры.

PM_{2,5} – тонкие частицы до 2,5 микрон. Микроскопическая сажа, сульфаты, нитраты, тяжёлые металлы.

Сажа – это компонент PM_{2,5}. Образуется при неполном сгорании дизеля и угля.

Озон – это фотохимический окислитель. Он способен активно вступать в реакции окисления, его образование напрямую связано с действием солнечного света.

В стратосфере озон необходим – это слой, который получает ультрафиолетовое излучение. А в тропосфере, у поверхности земли, озон – большая опасность. Он разрушает растения и портит здоровье людям: вызывает боль в груди, кашель, дыхание становится частым и поверхностным. Запах у озона характерный, резкий.

Аммиак – это бесцветный, крайне токсичный газ с невыносимо резким запахом, образующийся при разложении азотсодержащей органики [5]. Он растворяется в воде и других растворителях. Основные источники поступления аммиака в воздух: животноводческие фермы, заводы по производству азотной кислоты и солей аммония, а также холодильных установок. На человека аммиак действует пагубно: бьёт по нервной системе, раздражает слизистые и дыхательные пути.

В таблице 1.2 представлены основные источники загрязнения воздуха по районам Санкт-Петербурга.

Таблица 1.2 – Основные источники загрязнения воздуха по районам Санкт-Петербурга [7]

Район города	Источник	Вещества
Василеостровский	Энергетика, ЦСА	CO, NO ₂ , SO ₂ , NH ₃
Красногвардейский	Энергетика, автотранспорт	NO, CO, SO, PM10
Кировский	Энергетика, промышленность	SO ₂ , PM2.5, NO
Московский	Автотранспорт	CO, SO ₂ , NO ₂ , PM10
Фрунзенский	Энергетика, автотранспорт	NO ₂ , CO, SO ₂ , PM10
Невский	Автотранспорт	CO, SO ₂ , NO ₂ , PM10
Центральный	Автотранспорт	CO, SO ₂ , NO ₂ , PM10
Адмиралтейский	Автотранспорт	CO, SO ₂ , NO ₂ , PM10

1.3 Санитарно-гигиеническая оценка качества воздуха

Вред от загрязнений воздуха зависит не только от их концентрации, но и от времени воздействия их на человека. В России для каждого вещества установлены два норматива:

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимально-разовая концентрация на короткое время. Он рассчитан на воздействие в течение 20–30 минут. За это время вещество не должно вызывать у человека рефлекторных реакций [8].

ПДК_{сс} – предельно допустимая среднесуточная концентрация, рассчитанная на долгое воздействие: 8 часов, сутки, а по некоторым веществам – даже год. Человек может дышать таким воздухом годами, и это не должно навредить ни прямо, ни косвенно [8].

Величины ПДК измеряют в миллиграммах на кубометр (мг/м³) [8].

В таблице 1.3 представлена классификация загрязняющих веществ по классам опасности и предельно допустимым концентрациям.

Таблица 1.3 – Классификация загрязняющих веществ

Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
Оксид углерода	4	5	3
Аммиак	4	0,2	0,04
Оксид азота	3	0,4	0,06
Диоксид серы	3	0,5	0,05
PM10, PM2.5	3	0,5	0,15
Диоксид азота	2	0,2	0,04
Озон	1	0,16	0,03

Классы опасности:

1 – чрезвычайно опасные;

2 – высоко опасные;

3 – опасные;

4 – умеренно опасные.

ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, представляющий сумму концентраций выбранных загрязняющих веществ в долях ПДК [8]. В таблице 1.4 представлен уровень загрязнения атмосферного воздуха по ИЗА.

Таблица 1.4 – Уровени загрязнения воздуха

Уровень загрязнения	Значения ПЗА
Низкий	5 и менее
Повышенный	5–7
Высокий	7–14
Очень высокий	14 и более

1.4 Влияние метеоусловий на концентрацию загрязняющих веществ

Метеорологические факторы оказывают существенное влияние на распределение, накопление и рассеяние загрязняющих веществ в атмосфере [1]. Ветер, температура, осадки, влажность и атмосферное давление, определяют, как распространяются концентрации загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы.

Загрязняющие вещества, попавшие в атмосферу, не остаются там навсегда. Они рассеиваются, вступают в химические реакции, вымываются осадками. Но в каком-то конкретном районе концентрация примесей может резко вырасти, обычно, это всегда результат определённого набора погодных условий.

Главный параметр для распространения загрязнителей – ветер. Его скорость и направление связаны с вертикальными и горизонтальными градиентами температуры воздуха. Чем выше скорость ветра, тем сильнее турбулентность, примеси рассеиваются быстрее. Зимой вертикальные и горизонтальные градиенты температуры растут – скорость ветра возрастает. Главную роль играют расположение источников выбросов, рельеф и влияние зданий на ветровой режим.

Влияние температуры на концентрацию загрязняющих веществ для разных городов и сезонов года имеет идентичный характер. С ростом температуры воздуха выбросы поднимаются на меньшую высоту, приземные концентрации растут. Температура воздуха определяет и годовой ход загрязнения. Во многих городах максимум концентраций приходится на лето [2].

Инверсия – над слоем более холодного воздуха располагается тёплый из-за этого восходящий поток загрязняющих веществ не может подниматься.

Выделить зависимость концентрации от какого-то одного метеопараметра почти невозможно. На концентрацию загрязняющих веществ влияет весь комплекс погодных условий.

Инверсии в сочетании с разной скоростью ветра могут как усиливать накопление примесей, но и создавать условия для рассеивания. Самые опасные для городов – это приземная инверсия и слабый ветер [2].

2 Организация наблюдений за качеством атмосферного воздуха

2.1 Подходы к отслеживанию загрязнения воздушного бассейна

Мониторинг качества атмосферного воздуха разделяется на две составляющие: систему наблюдений и систему контроля [9]. Первая отслеживает состояние воздуха в городах и населённых пунктах вне прямого влияния источников загрязнения. Вторая занимается контролем самих источников выбросов и контролем объёмов вредных веществ, поступающих в атмосферу. За реализацию первой задачи отвечает Госкомгидромет, за вторую – Министерство природных ресурсов.

Наблюдения за состоянием воздуха проводятся как в зонах интенсивного техногенного воздействия, так и на удалённых от источников загрязнения территориях. Сеть фоновых станций в Российской Федерации входит в Единую государственную систему экологического мониторинга [10]. Данные с этих станций позволяют оценивать состояние и глобальные тенденции изменения загрязнения атмосферы. На станциях фонового мониторинга проводятся наблюдения по физическим, химическим и биологическим показателям.

На постах наблюдения измеряются основные и наиболее распространённые загрязняющие вещества: пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксиды. Контроль других загрязняющих веществ варьируется в зависимости от специфики местных производств, классификаций выбросов и частотой превышения предельно допустимых концентраций.

Стационарный пост наблюдений представляет собой специально оборудованный павильон, внутри которого установлена аппаратура для регулярной регистрации двух типов параметров: концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и основных метеорологических показателей. Все измерения проводятся по заранее установленной программе [11].

Среди всех стационарных постов отдельно выделяют опорные посты. Их главное назначение заключается в выявлении долговременных изменений содержания основных загрязнителей для отслеживания общих тенденции загрязнения воздуха на данной территории [12].

Место для размещения стационарного поста соответствовать метеорологическим условиям, которые в данном районе формируют типичные уровни загрязнения. К задачам стационарного поста относятся: оценка среднемесячных, сезонных, годовых и максимальных разовых концентраций вредных веществ, расчёт вероятности превышения предельно допустимых концентраций [13].

2.2 Приборы и датчики для измерения концентраций загрязняющих веществ

Газоанализаторы – ключевые приборы для оптимального определения газов в атмосферном воздухе [14]. Они работают на физико-химических принципах.

Электрохимические датчики – наиболее распространённый тип для портативных и стационарных газоанализаторов [15]. Принцип действия основан на электрохимической реакции газа с электролитом, в результате которой возникает ток, пропорциональный концентрации. Используются для измерения веществ: CO, H₂S, SO₂, NO, NO₂, O₂, Cl₂, O₂.

Инфракрасные газоанализаторы – используют способность молекул газов поглощать инфракрасное излучение при определённых длинах волн. Эти приборы используются для измерения углекислого газа, метана и других углеводородов, а также для обнаружения взрывоопасных газов.

Фотометрические газоанализаторы – основаны на изменении цвета или оптической плотности реакционной среды при взаимодействии с анализируемым газом.

Термокондуктометрические – измеряют теплопроводность газовой смеси. Каждый газ имеет свою теплопроводность, изменение состава смеси приводит к изменению теплоотдачи от нагретого чувствительного элемента. Применяются для анализа бинарных смесей и для измерения концентрации диоксида углерода, водорода, гелия.

Фотоионизационные – используют ультрафиолетовое излучение для ионизации молекул органических соединений и неорганических газов.

По исполнению газоанализаторы делятся на стационарные, встраиваемые и переносные. По числу одновременно определяемых компонентов - подразделяются на однокомпонентные и многокомпонентные.

Автоматические станции и комплексы представляют собой специально оборудованные павильоны или контейнеры, в которых размещены газоанализаторы, пылемеры, метеостанция, пробоотборные линии, калибровочное оборудование, система сбора и передачи данных. Они работают в автоматическом режиме. Станции измеряют концентрации загрязнителей: CO, NO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, а также метеопараметры: скорость и направление ветра, температуру, влажность и давление [10]. Периодичность измерений варьируется от 20 минут до 1 часа. Данные поступают в центральную базу данных и используются для оценки качества воздуха, оповещения о превышениях ПДК и построения карт загрязнения.

Передвижные экологические лаборатории на базе автомобилей, микроавтобусов или фургонов позволяют оперативно проводить замеры в любых точках, по запросу граждан, при авариях.

2.3 Сеть автоматических станций наблюдения за воздухом в Санкт-Петербурге

В Санкт-Петербурге ведётся наблюдение за качеством атмосферного воздуха с помощью Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха [16].

АСМ-АВ – это совокупность технических и программных средств, обеспечивающих работу системы для проведения экологического мониторинга воздуха в городе. На рисунке 2.1 представлено фото АСМ-АВ.



Рисунок 2.1 – АСМ-АВ

Система была разработана Администрацией Санкт-Петербурга на основе технического задания 1996 года «Автоматизированная система контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга». После 1996 года система мониторинга активно развивалась, количество станций увеличивалось. Если в 1999 году работали всего 4 станции, то сейчас в состав

АСМ-АВ входят 25 автоматических станций, охватывающих все районы города [7].

Формированием и обеспечением функционирования АСМ-АВ занимается Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности [7].

Адреса автоматических станций Санкт-Петербурга представлены в таблице 2.1 [16].

Таблица 2.1 – Адреса автоматических станций

1	ул. Профессора Попова, 48
2	г. Колпино, Красная ул., 1а
3	ул. Карбышева, 7
4	Жака Дюкло, 66
5	Елагин остров, 4
6	пр. КИМа, 26 лит. А
7	Кирочная, 41
8	ул. Новосельковская, 23
9	Малая Балканская ул., 54
10	Московский пр., 19
11	Зеленогорск, Приморское шоссе, 570
12	ул. Пестеля, 1
13	Индустриальный пр., д.64
14	Уткин пр., д.16
15	г. Кронштадт, ул. Ильмянинова, 4
16	Московский пр., 139/2
17	г. Пушкин, Тиньков пер., 7
18	ул. Ольги Форш, 6
19	пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1
20	ул. Тельмана, 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

Карта расположения автоматических станций представлена на рисунке 2.2.

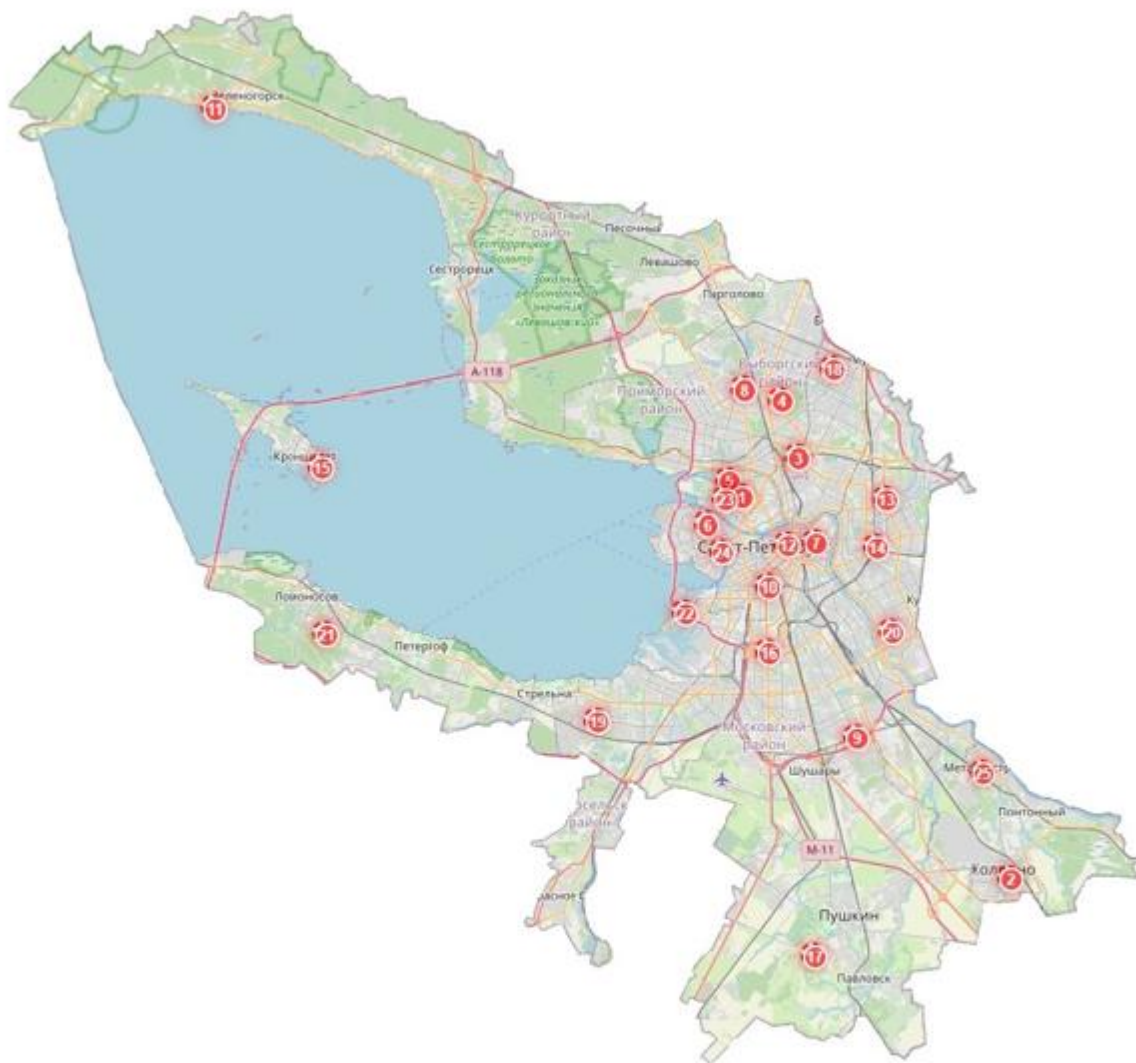


Рисунок 2.2 – Карта расположения автоматических станций

Автоматическая система мониторинга атмосферного воздуха (АСМ-АВ) разработана по двухуровневому принципу: измерительная часть и информационно-технический сервис. В её текущий состав входят: испытательная лаборатория, 25 автоматических станций, три передвижные лаборатории, дежурная служба, а также передвижные метрологическая и техническая лаборатории.

Измерительная часть АСМ-АВ включает несколько ключевых элементов. Центральное место занимает испытательная лаборатория, которая служит единым центром сбора, хранения, обработки данных и управления всеми

станциями. К ней подключена сеть автоматических станций мониторинга загрязнения воздуха, интегрированных с постами контроля радиационной обстановки (АСКРО). Дополнительно в состав входят автоматические пробоотборные устройства, автоматические метеостанции и передвижные лаборатории [7].

Автоматические станции работают в регулярном режиме: измерения проводятся каждые 20 минут, то есть 72 замера в сутки. Перечень определяемых веществ утверждается ежегодно программой мониторинга и включает оксид и диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, взвешенные частицы и озон.

Передвижные лаборатории существенно расширяют спектр контроля. Дежурная служба лаборатории экологического мониторинга СПб ГБУ «Минерал» круглосуточно проводит с их помощью оперативные и маршрутные наблюдения за загрязнением воздуха в Санкт-Петербурге. Такие лаборатории способны измерять концентрации 30 загрязняющих веществ, в том числе бензол, толуол, ксилолы, ацетон, бутиловый и изобутиловый спирты, окись этилена, пропиловый спирт, фенол, этилбензол, хлористый метилен, стирол, этанол, этиловый эфир, аллиловый спирт, пентан, формальдегид, оксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы, аммиак, сероводород, озон, взвешенные частицы PM10 и PM2,5, а также общую пыль [7].

3 Пространственное распределение загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы Санкт-Петербурга в летний сезон 2025 года

3.1 Сравнительный анализ средних концентраций основных загрязнителей

Источником ежедневных данных для настоящего исследования служит официальный сайт экологического портала Санкт-Петербурга, созданный комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности [16]. В анализ вошли показатели 25 стационарных постов экологического мониторинга, расположенных как в самом городе, так и в его пригородах.

На основе среднесуточных измерений с помощью математического усреднения были получены среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ, выраженные в долях от ПДК_{сс} для июня, июля и августа 2025 года. В таблицах 3.1–3.3 приведены среднемесячные значения за июнь, июль и август 2025 года.

Усредненные данные за весь летний сезон 2025 года приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.1 – Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ за июнь

Станция	CO	NO ₂	SO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	NH ₃
1	0,10	0,20	0,05	—	0,33	0,23	—
2	0,07	0,14	0,05	0,25	—	—	—
3	0,10	0,23	0,05	—	0,25	0,23	0,05
4	0,06	0,19	0,05	0,38	—	—	0,05
5	0,10	0,18	0,05	0,58	0,26	0,25	0,06
6	0,10	0,27	0,10	—	—	—	—
7	0,10	0,28	0,05	0,35	—	—	0,05
8	0,09	0,23	0,05	0,42	0,28	0,22	0,05
9	0,10	0,24	0,05	0,32	0,28	0,25	0,05
10	0,10	0,11	0,09	—	—	—	—
11	0,07	0,10	—	0,41	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—
13	0,09	0,23	0,05	0,48	—	—	0,05
14	0,09	0,08	0,05	0,37	0,31	0,27	0,05
15	0,05	0,14	0,05	0,49	—	—	0,05
16	0,09	0,31	0,05	0,39	—	—	0,05
17	0,10	0,13	0,05	0,46	0,26	0,25	0,05
18	0,06	0,26	0,05	0,36	—	—	0,05
19	0,10	0,14	0,05	0,46	0,29	0,28	0,05
20	0,11	0,40	0,05	0,37	—	—	0,05
21	0,06	0,11	0,05	0,76	—	—	0,09
22	0,08	0,23	0,06	0,38	0,22	0,26	0,05
23	0,07	0,51	0,05	—	—	—	—
24	0,05	0,25	0,05	0,44	—	—	0,05
25	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.2 – Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ за июль

Станция	CO	NO ₂	SO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	NH ₃
1	0,12	0,18	0,05	—	0,45	0,30	—
2	0,08	0,08	0,05	0,33	—	—	—
3	0,10	—	0,05	0,54	0,34	0,30	—
4	0,07	0,25	0,05	0,50	—	—	0,05
5	0,12	0,22	0,05	0,41	0,43	0,38	0,05
6	0,13	0,35	0,08	—	—	—	—
7	0,11	0,28	0,05	0,34	—	—	0,05
8	0,10	0,18	0,05	0,39	0,35	0,28	0,05
9	0,11	0,24	0,05	0,23	0,41	0,33	0,05
10	0,10	0,12	0,09	—	—	—	—
11	0,07	0,08	—	0,40	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—
13	0,11	0,21	0,05	0,49	—	—	0,05
14	0,09	0,10	0,05	0,39	0,41	0,35	0,05
15	0,08	0,18	0,05	0,66	—	—	0,05
16	0,12	0,32	0,05	0,40	—	—	0,05
17	0,10	0,16	0,05	0,46	0,21	0,24	0,05
18	0,15	0,35	0,05	0,70	—	—	0,05
19	0,11	0,20	0,05	0,33	0,45	0,39	0,05
20	0,12	0,36	0,05	0,48	—	—	0,05
21	0,09	0,11	0,05	—	—	—	0,06
22	0,10	0,29	0,05	0,40	0,29	0,32	0,05
23	0,11	0,58	0,08	0,66	—	—	—
24	0,11	0,40	0,08	0,46	—	—	0,05
25	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.3 – Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ за август

Станция	CO	NO ₂	SO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	NH ₃
1	0,11	0,18	0,05	—	0,37	0,39	—
2	0,07	0,11	0,05	0,29	—	—	—
3	0,11	0,23	0,05	0,50	0,21	0,22	—
4	0,07	0,20	0,05	0,50	—	—	0,05
5	0,10	0,20	0,05	0,45	0,35	0,40	0,05
6	0,10	0,21	0,12	—	—	—	—
7	0,11	0,29	0,05	0,38	—	—	0,06
8	0,10	0,23	0,05	0,55	0,25	0,20	0,05
9	0,11	0,24	0,05	0,20	0,24	0,23	0,05
10	0,10	0,12	0,16	—	—	—	—
11	0,07	0,09	—	0,4	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—
13	0,10	0,26	0,05	0,42	—	—	0,05
14	0,10	0,20	0,05	0,34	0,28	0,25	0,05
15	0,07	0,14	0,07	0,46	—	—	0,05
16	0,16	0,30	0,05	0,37	—	—	0,05
17	0,09	0,14	0,05	0,45	0,10	0,14	0,05
18	0,11	0,23	0,05	0,43	—	—	0,05
19	0,10	0,18	0,05	0,38	0,29	0,27	0,05
20	0,11	0,37	0,05	0,63	—	—	0,05
21	0,09	0,11	0,05	—	—	—	0,06
22	0,09	0,35	0,05	0,55	0,19	0,23	0,05
23	0,11	0,32	0,05	0,67	—	—	—
24	0,07	0,21	0,11	0,44	—	—	0,05
25	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 3.4 – Средние значения концентраций загрязняющих веществ
за весь летний сезон

Станция	CO	NO ₂	SO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	NH ₃
1	0,11	0,19	0,05	—	0,38	0,31	—
2	0,07	0,11	0,05	0,29	—	—	—
3	0,10	0,15	0,05	0,35	0,27	0,25	0,02
4	0,07	0,21	0,05	0,46	—	—	0,05
5	0,11	0,20	0,05	0,48	0,35	0,34	0,05
6	0,11	0,28	0,10	—	—	—	—
7	0,11	0,28	0,05	0,36	—	—	0,05
8	0,10	0,21	0,05	0,45	0,30	0,23	0,05
9	0,10	0,24	0,05	0,25	0,31	0,27	0,05
10	0,10	0,12	0,11	—	—	—	—
11	0,07	0,09	—	0,40	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—
13	0,10	0,23	0,05	0,46	—	—	0,05
14	0,09	0,13	0,05	0,37	0,33	0,29	0,05
15	0,07	0,15	0,06	0,54	—	—	0,05
16	0,12	0,31	0,05	0,39	—	—	0,05
17	0,10	0,14	0,05	0,46	0,19	0,21	0,05
18	0,11	0,28	0,05	0,50	—	—	0,05
19	0,10	0,17	0,05	0,39	0,34	0,31	0,05
20	0,11	0,38	0,05	0,50	—	—	0,05
21	0,08	0,11	0,05	0,25	—	—	0,07
22	0,09	0,29	0,05	0,44	0,23	0,27	0,05
23	0,09	0,47	0,06	0,44	—	—	—
24	0,08	0,29	0,08	0,45	—	—	0,05
25	—	—	—	—	—	—	—

На основании значений из таблиц 3.1–3.4 были построены графики распределения концентраций загрязняющих веществ, а именно CO, NO₂, O₃, PM2,5 и PM10, которые представлены на рисунках 3.1–3.8.

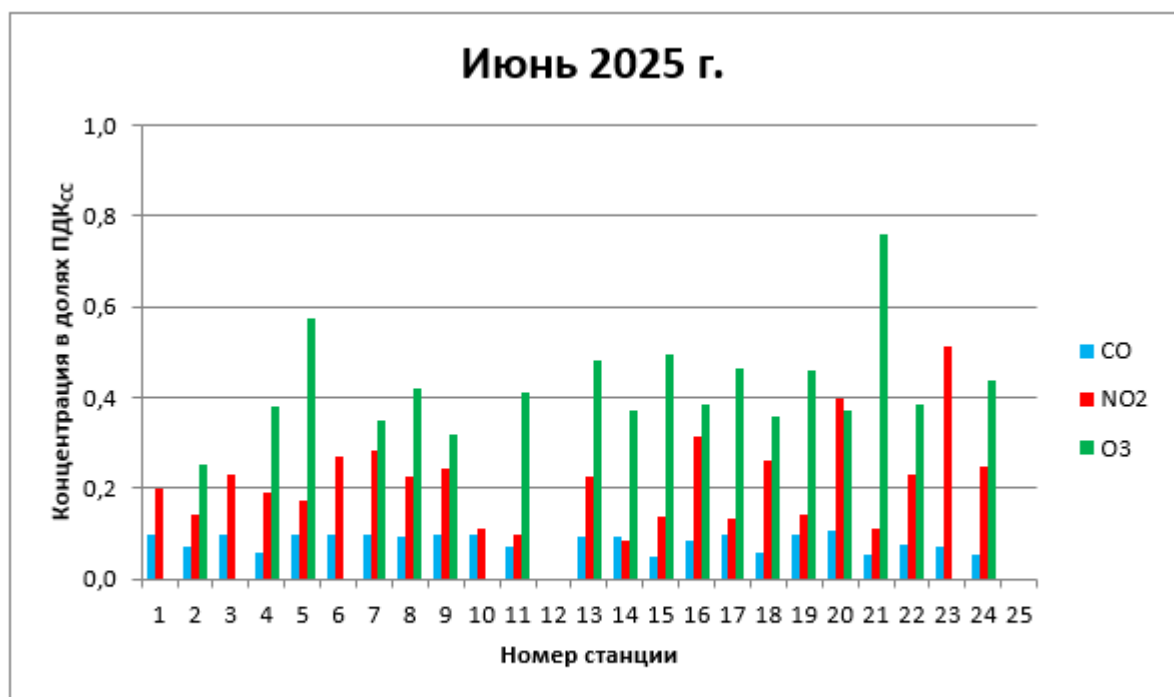


Рисунок 3.1 – Диаграмма распределения CO, NO₂, O₃ в июне 2025 года

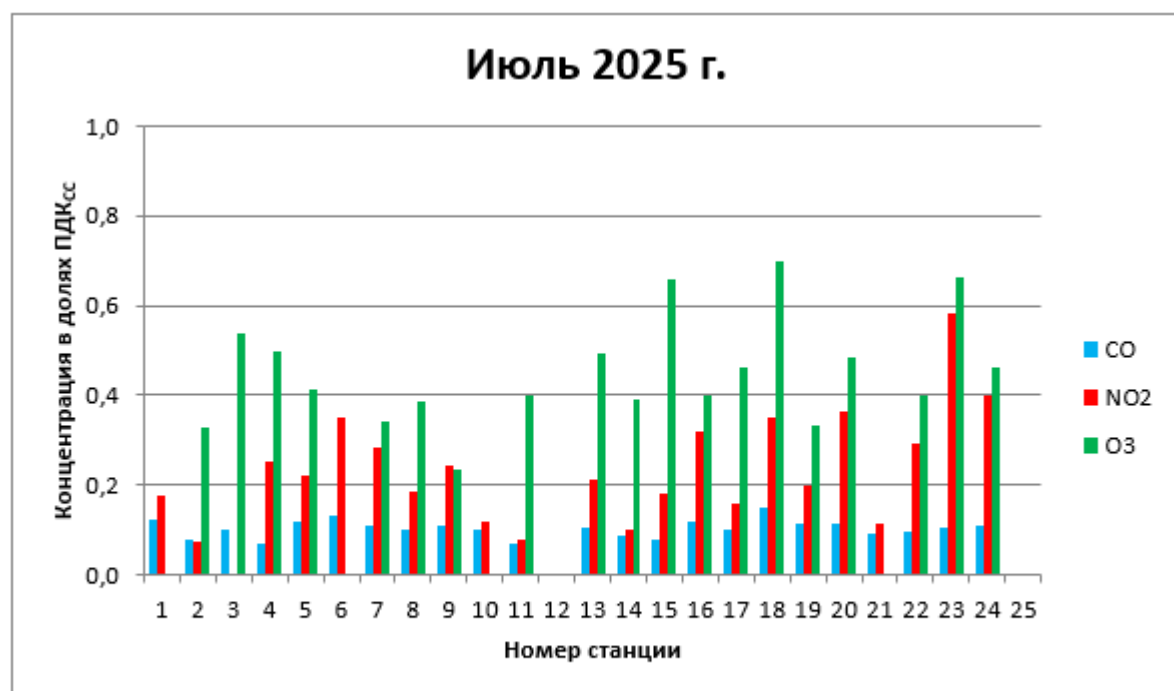


Рисунок 3.2 – Диаграмма распределения CO, NO₂, O₃ в июле 2025 года

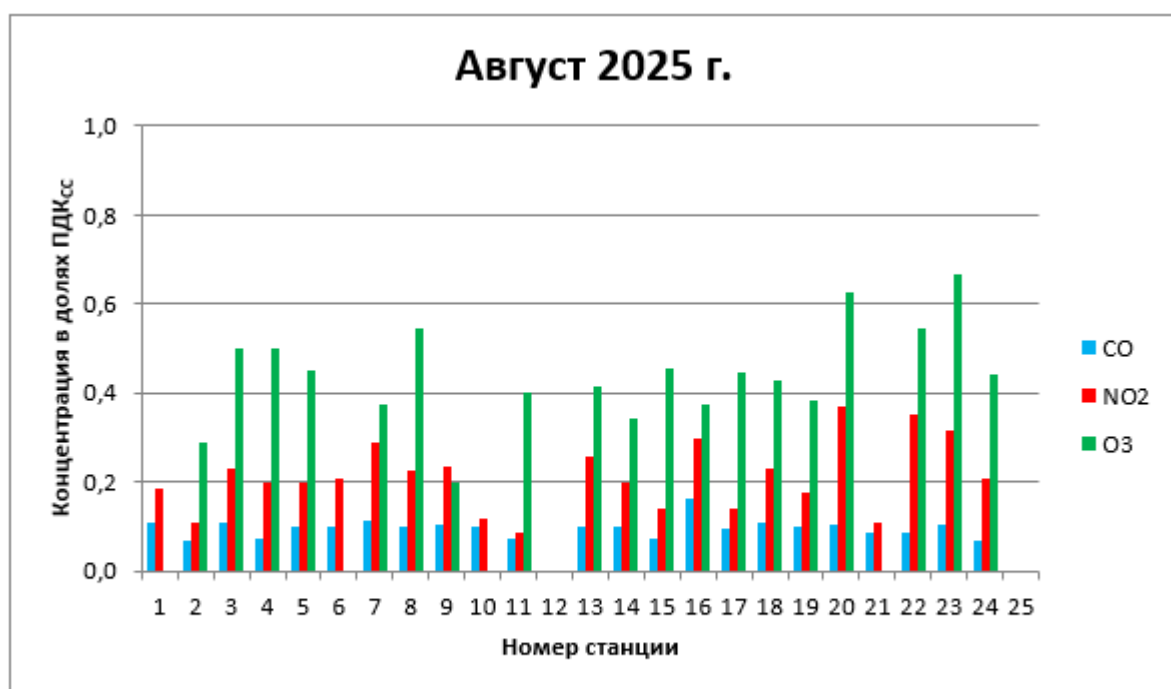


Рисунок 3.3 – Диаграмма распределения CO, NO₂, O₃ в августе 2025 года

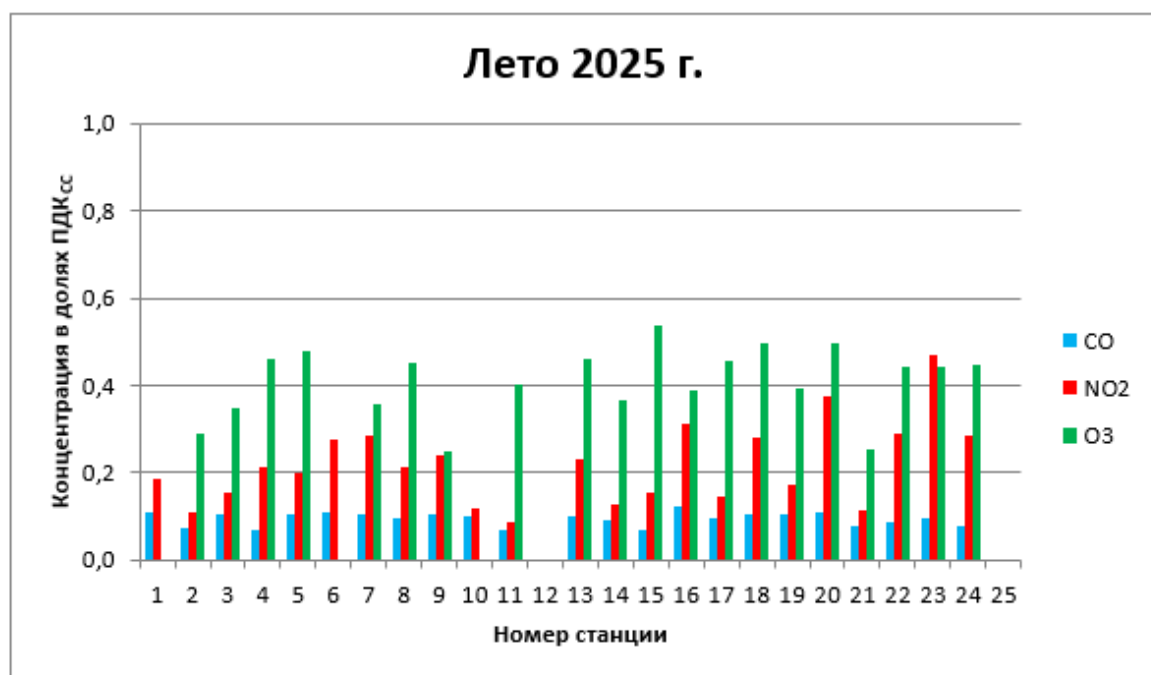


Рисунок 3.4 – Диаграмма распределения CO, NO₂, O₃ в летний период 2025 года

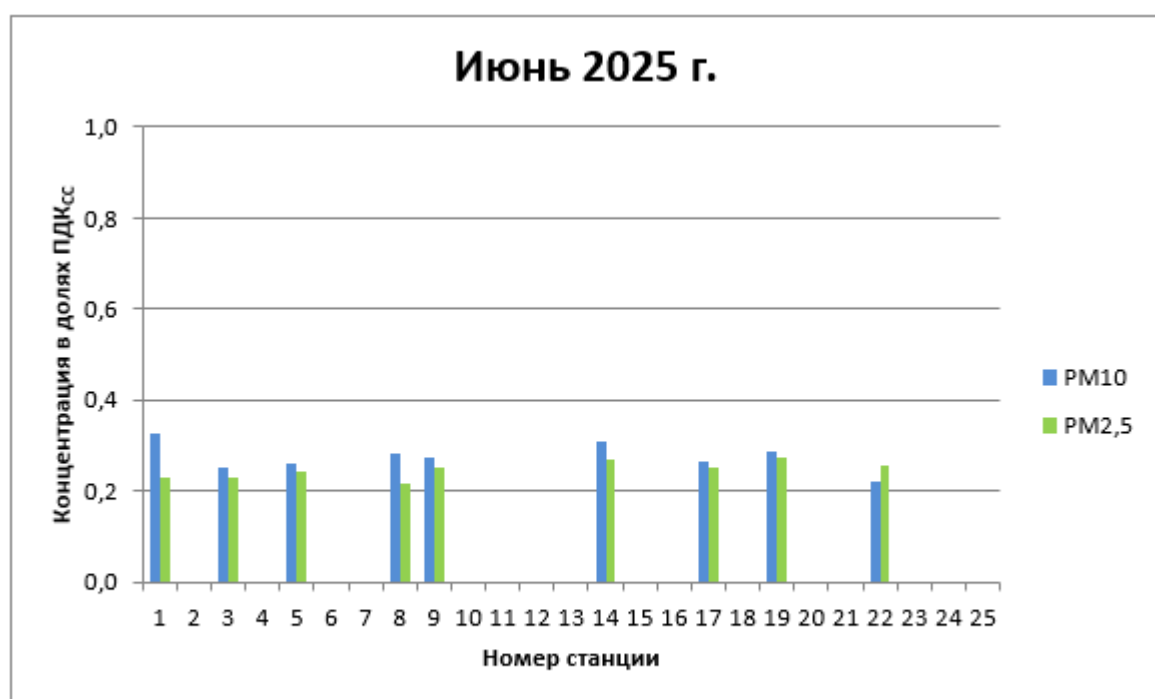


Рисунок 3.5 – Диаграмма распределения PM2,5 и PM10 в июне 2025 года

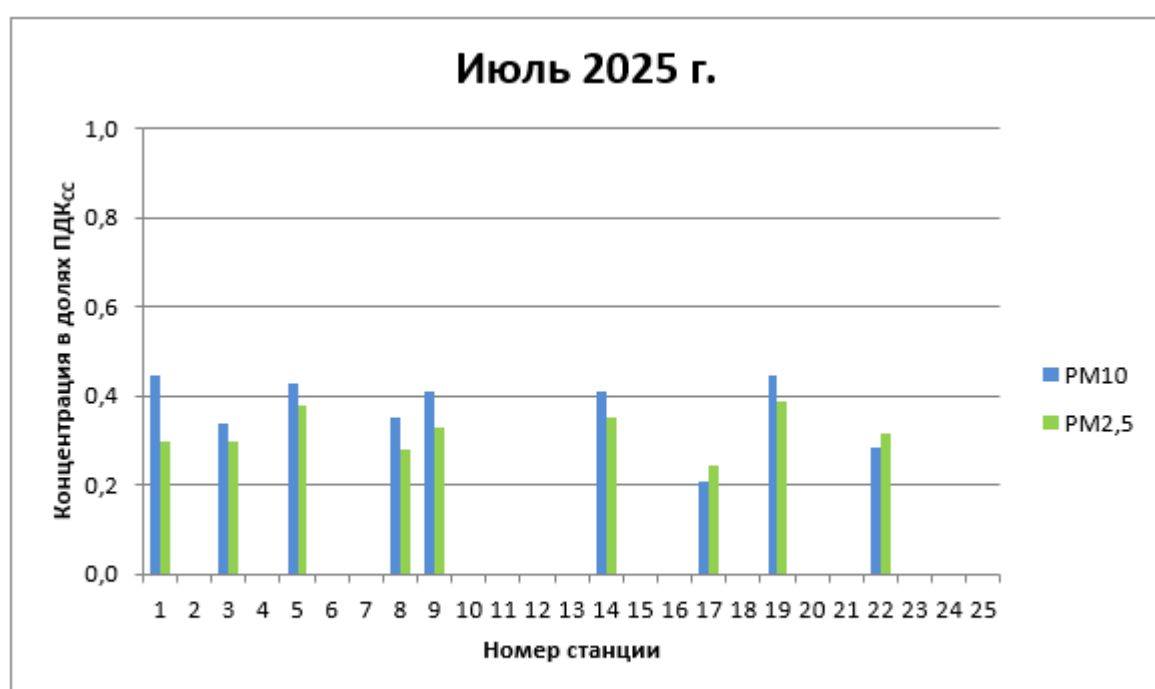


Рисунок 3.6 – Диаграмма распределения PM2,5 и PM10 в июле 2025 года

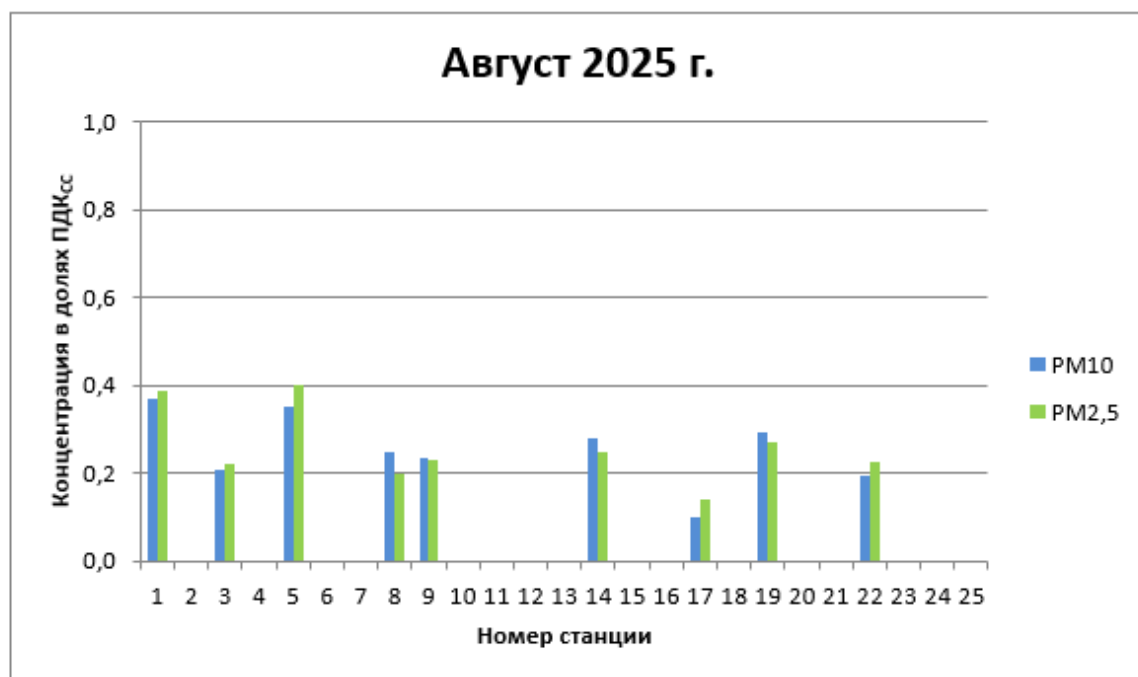


Рисунок 3.7 – Диаграмма распределения PM2,5 и PM10 в августе 2025 года

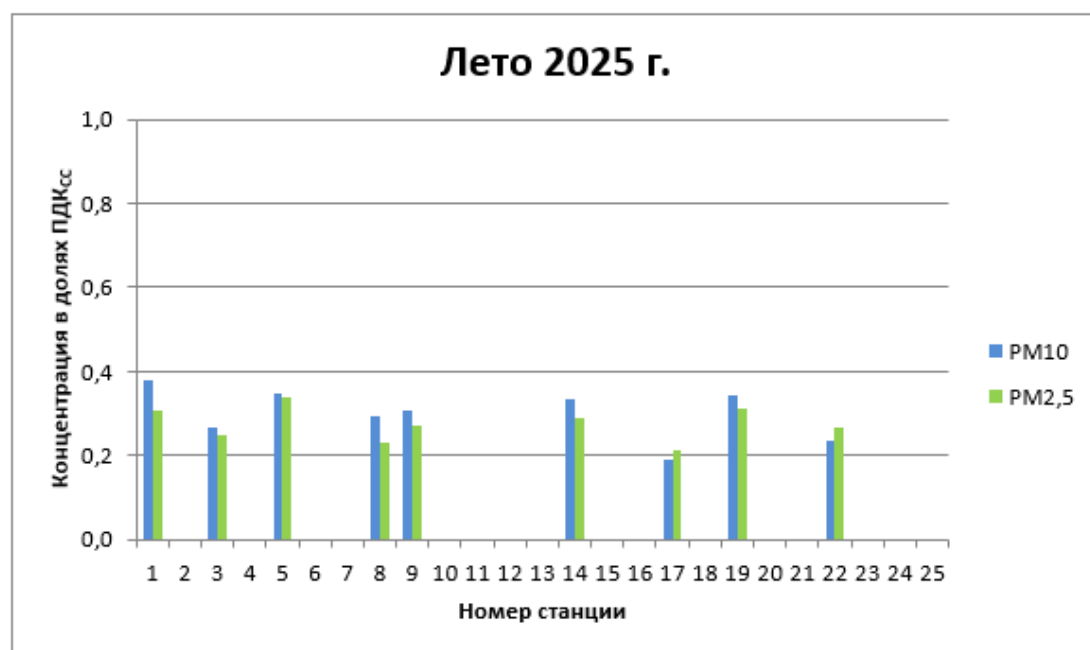


Рисунок 3.8 – Диаграмма распределения PM2,5 и PM10 в летний период 2025 года

В таблице 3.5 представлены максимальные и минимальные значений концентраций загрязняющих веществ по месяцам летнего сезона 2025 года в Санкт-Петербурге.

Таблица 3.5 – Максимальные и минимальные значения концентраций загрязняющих веществ по станциям

	Месяц	CO		NO ₂		O ₃		PM _{2,5}		PM ₁₀	
Максимальные значения	Июнь	0,11	№20	0,51	№23	0,76	№21	0,28	№19	0,33	№1
	Июль	0,15	№18	0,58	№23	0,70	№18	0,39	№19	0,45	№19
	Август	0,16	№16	0,37	№20	0,67	№23	0,40	№5	0,37	№1
	Сезон	0,12	№16	0,47	№23	0,54	№15	0,38	№1	0,34	№5
Минимальные значения	Июнь	0,05	№15, 24	0,08	№14	0,25	№2	0,22	№8	0,22	№22
	Июль	0,07	№4,11	0,08	№2	0,23	№9	0,24	№17	0,21	№17
	Август	0,07	№2,11, 15, 24	0,09	№11	0,20	№9	0,14	№17	0,10	№17
	Сезон	0,07	№2, 4, 11, 15	0,09	№11	0,25	№21	0,19	№17	0,21	№17

Анализ данных, обобщённых в таблице 3.5, позволил выявить две наиболее неблагоприятные по уровню загрязнения точки наблюдения – станции №16 и №23. Первая находится по адресу: Московский пр., 139/2, вторая – на пр. Динамо, 44. Станция №16 расположена в зоне влияния промышленных объектов, активно растущей городской инфраструктуры и транспортных магистралей. Она же оказалась в числе самых пыльных. Высокую запылённость также показали станции №1 (ул. Профессора Попова, 48) и №5 (Елагин остров, 4).

Станция №23 находится ближе к центру города, где наблюдается интенсивное автомобильное движение, ведётся строительство и действуют

многие другие источники выбросов. В окрестностях обеих станций плотность населения высока, что дополнительно сказывается на состоянии воздуха – особенно значимыми становятся утренние и вечерние часы пик.

Наименьшие концентрации загрязнителей зафиксированы на станциях, удалённых от центра Петербурга: №2 в городе Колпино (Красная ул., 1а) и №17 в городе Пушкин (Тиньков пер., 7). Причём станция №17 признана наименее запылённой. Причинами низкого уровня загрязнения в этих точках являются близость лесных массивов и сравнительно небольшое число жителей. Также в число наименее запылённых вошли станции №8 (ул. Новосельковская, 23) и №22 (Канонерский остров, 21, стр. 1).

3.2 Построение изолиний и трёхмерных моделей распределения примесей

Для обеспечения максимальной наглядности и эффективности анализа был задействован программный пакет “Surfer” [18]. С его помощью построены изолинии и трёхмерные карты распределения таких загрязняющих веществ, как CO, NO₂ – отдельно для каждого месяца (июнь, июль, август) и в целом за весь летний сезон 2025 года в пределах территории Санкт-Петербурга. На рисунках 3.9–3.16 приведены изолинии и трёхмерные модели, отражающие пространственное распределение концентраций оксида углерода над городом за указанные периоды.

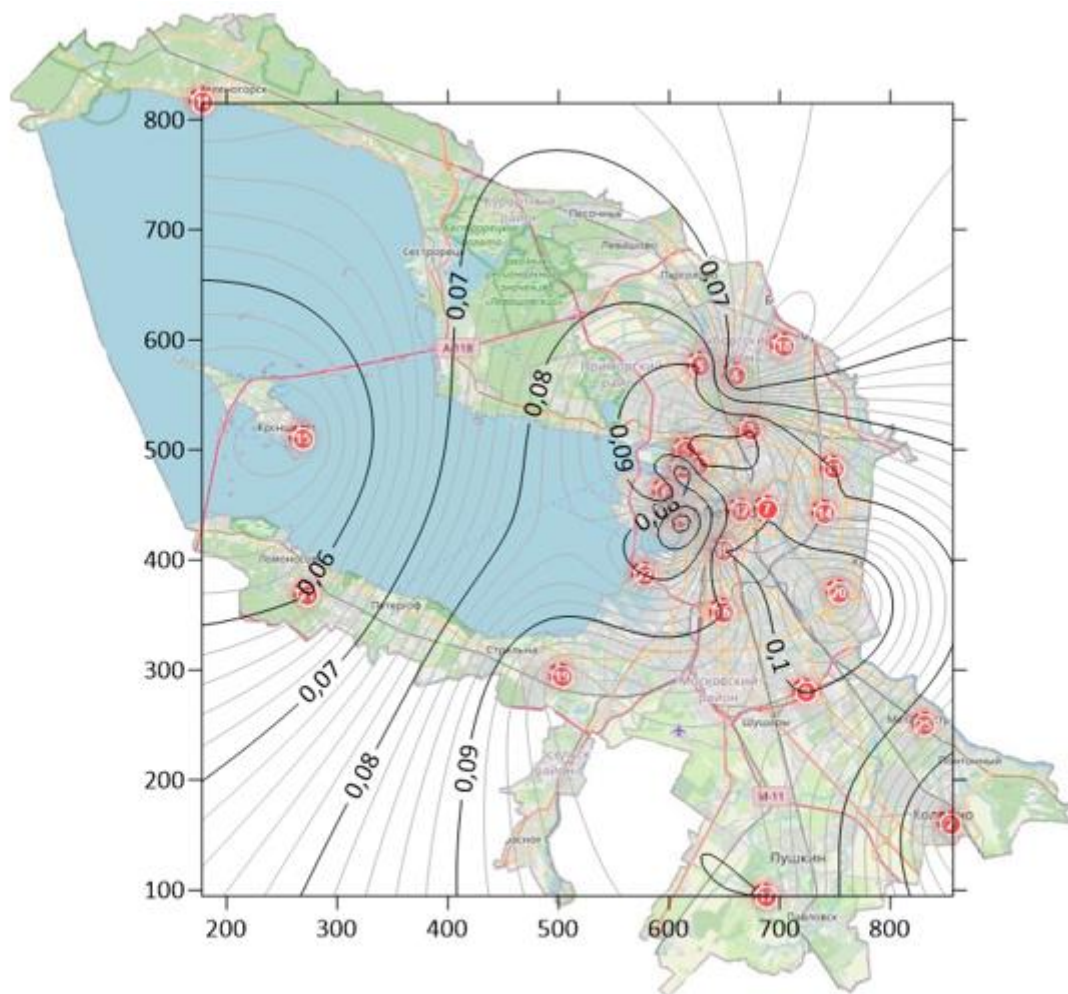


Рисунок 3.9 – Пространственное распределение СО за июнь 2025 года

ІЗОЛІНІЇ

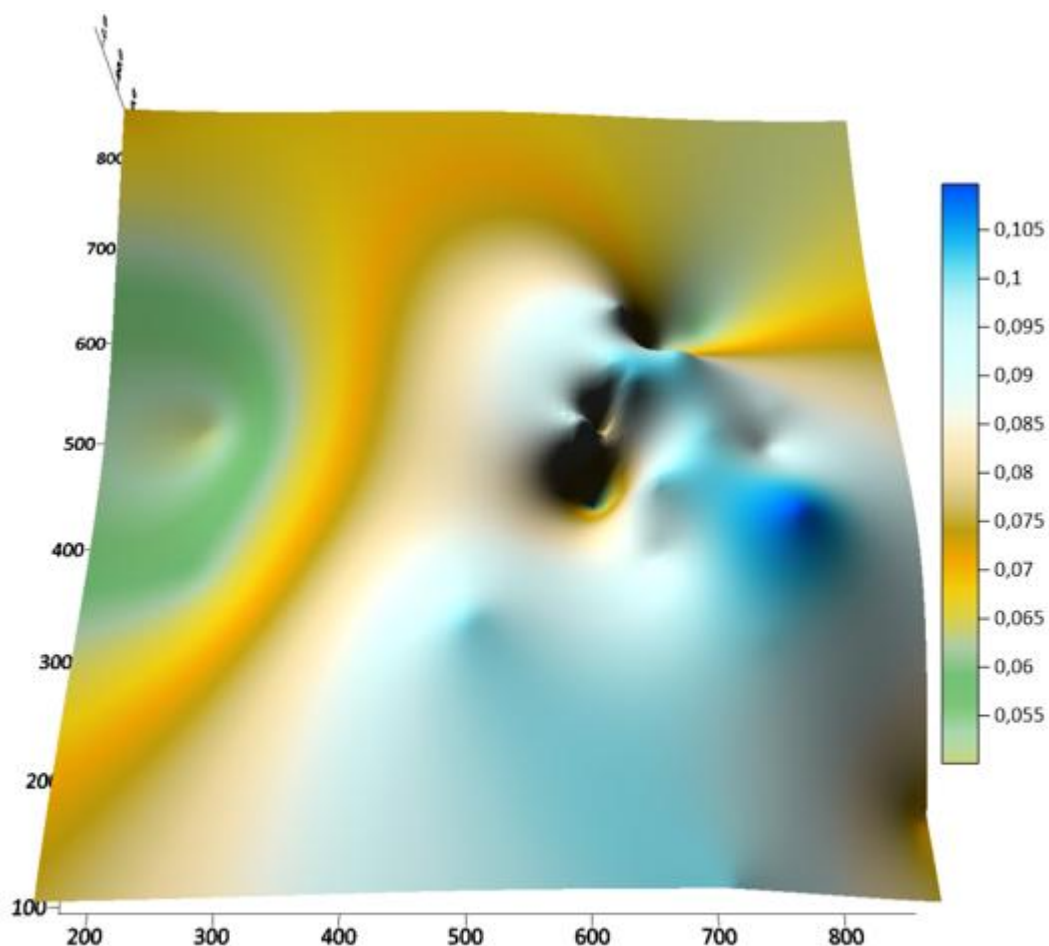


Рисунок 3.10 – Пространственное распределение СО за июнь 2025 года
трехмерное изображение распределения

В июне 2025 года оксид углерода не создавал угрозы для здоровья населения. Его концентрации ни разу не достигли предельно допустимого уровня. Значения варьировались от 0,05 до 0,11 ПДК_{сс}, причём самый высокий показатель (0,11) отмечен на станции №20 в Невском районе (ул. Тельмана, 24). Напротив, Кронштадтский район продемонстрировал наименьшие концентрации – что, вероятно, связано с близостью к акватории и отсутствием крупных промышленных источников.

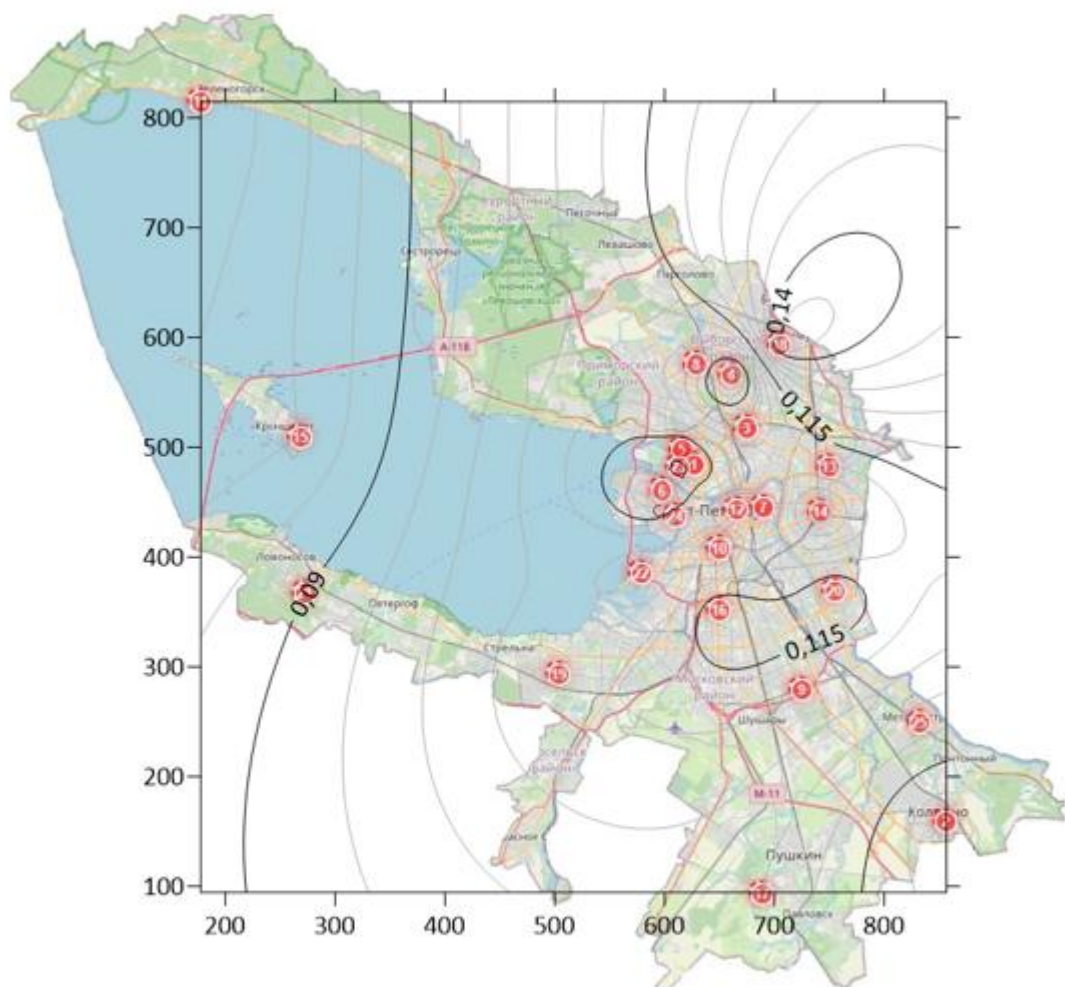


Рисунок 3.11 – Пространственное распределение СО за июль 2025 года
ИЗОЛИНИИ

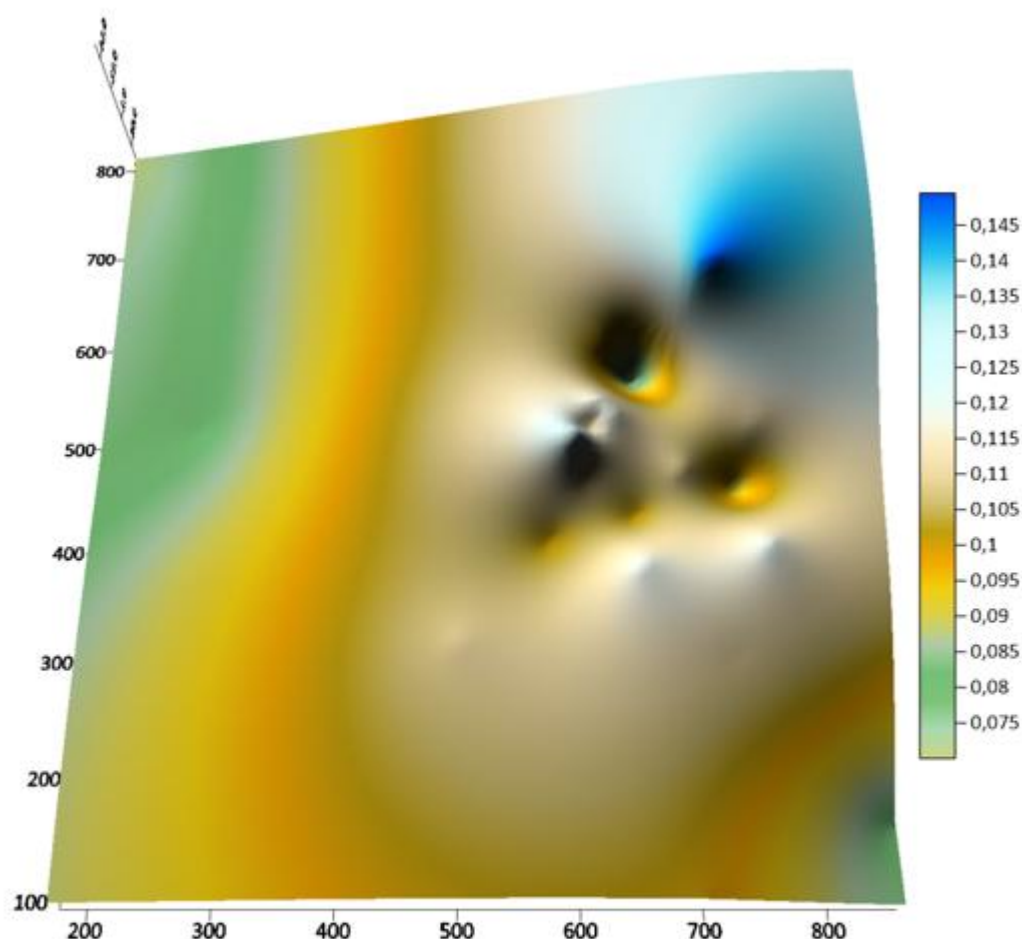


Рисунок 3.12 – Пространственное распределение СО за июль 2025 года
трехмерное изображение распределения

В июле 2025 года оксид углерода не создавал угрозы для населения. Все измеренные концентрации оставались ниже ПДК_{сс}. Разброс значений составил от 0,07 до 0,15, причём пиковое значение (0,15) зарегистрировано на станции №18 в Калининском районе (ул. Ольги Форш, 6). Курортный и Колпинский районы продемонстрировали минимальные уровни – вероятно, благодаря удалённости от центра и меньшей плотности автомобильного трафика.

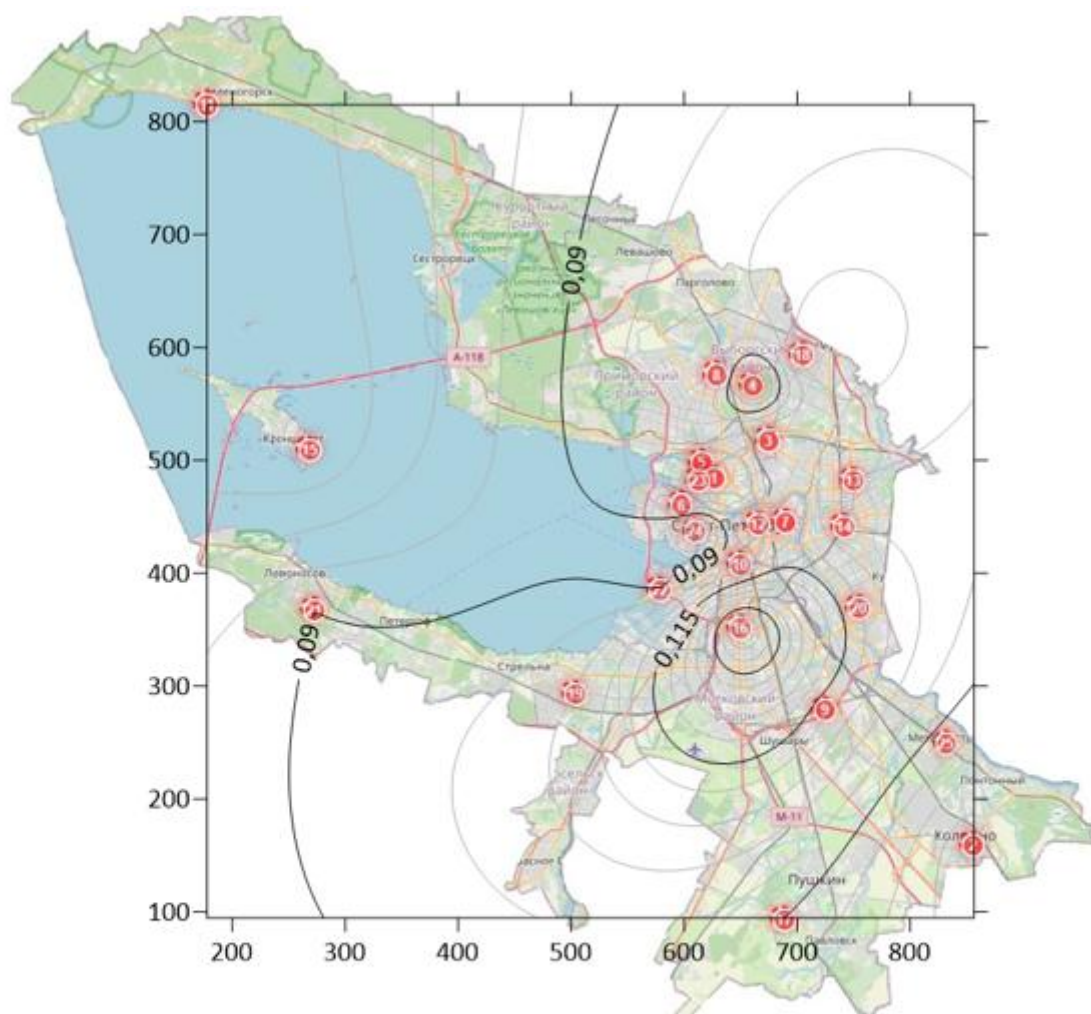


Рисунок 3.13 – Пространственное распределение СО за август 2025 года

ИЗОЛИНИИ

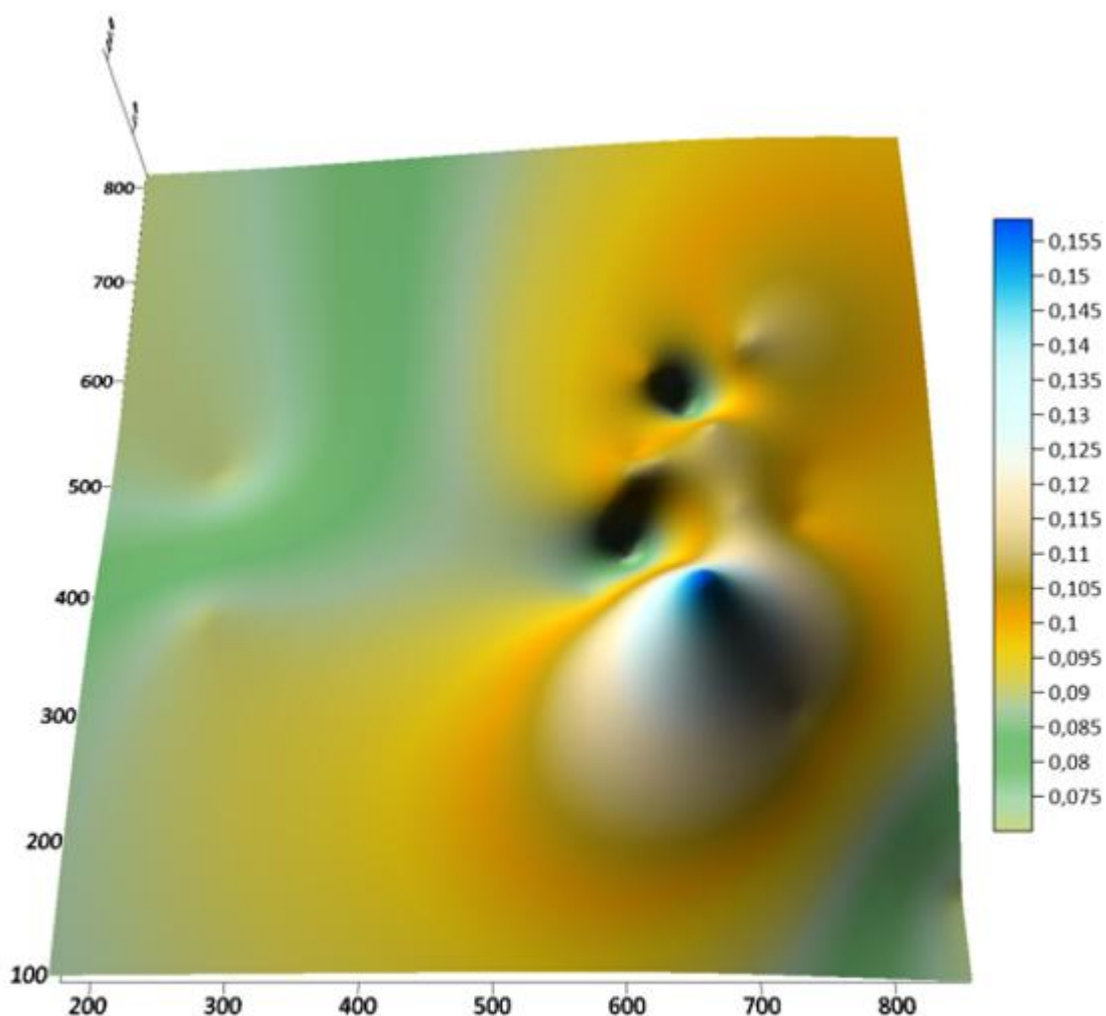


Рисунок 3.14 – Пространственное распределение СО за август 2025 года
трехмерное изображение распределения

В августе 2025 года оксид углерода не представлял опасности, ни одна из станций не зафиксировала превышения ПДКсс. Значения варьировались в интервале 0,07–0,16, причём пиковое значение (0,16) пришлось на Московский район (станция №16, Московский пр., 139/2). Самыми чистыми по этому показателю оказались три района: Кронштадтский, Курортный и Колпинский. Вероятно, это связано с их периферийным расположением, меньшей загруженностью дорог и влиянием прибрежного воздуха.

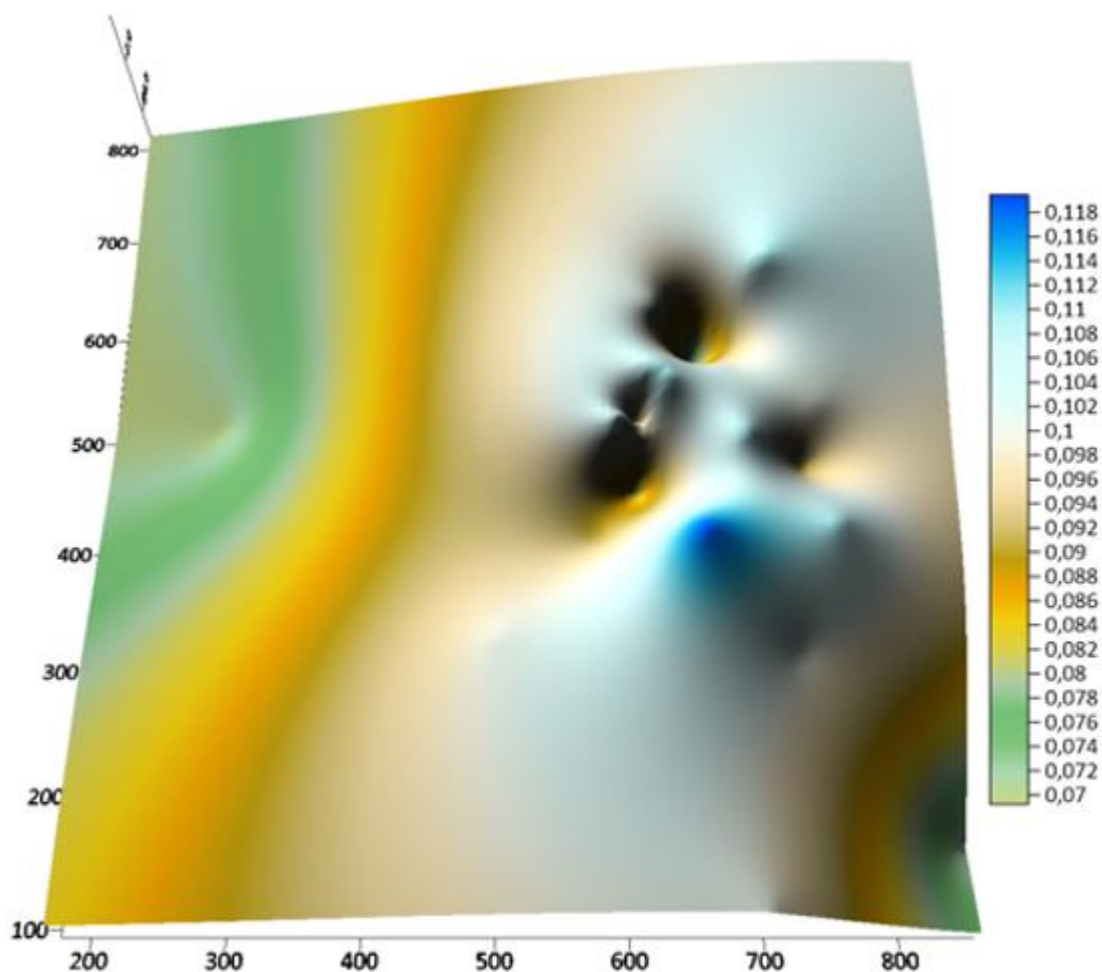


Рисунок 3.16 – Пространственное распределение СО за лето 2025 года
трехмерное изображение распределения

В июне 2025 года диоксид азота, несмотря на значительный разброс концентраций, ни разу не превысил ПДК_{сс}. Значения варьировались от 0,08 до 0,51, причём максимальный показатель (0,51) зафиксирован в Петроградском районе – станция №23 (пр. Динамо, 44). Это более чем в шесть раз выше минимального уровня (0,08), что указывает на сильную пространственную неоднородность. Напротив, наименьшие концентрации характерны для периферийных районов: Кронштадтского, Курортного, Петродворцового и Колпинского. Вероятно, это связано с их удалённостью от центральных магистралей и меньшей интенсивностью автомобильного движения.

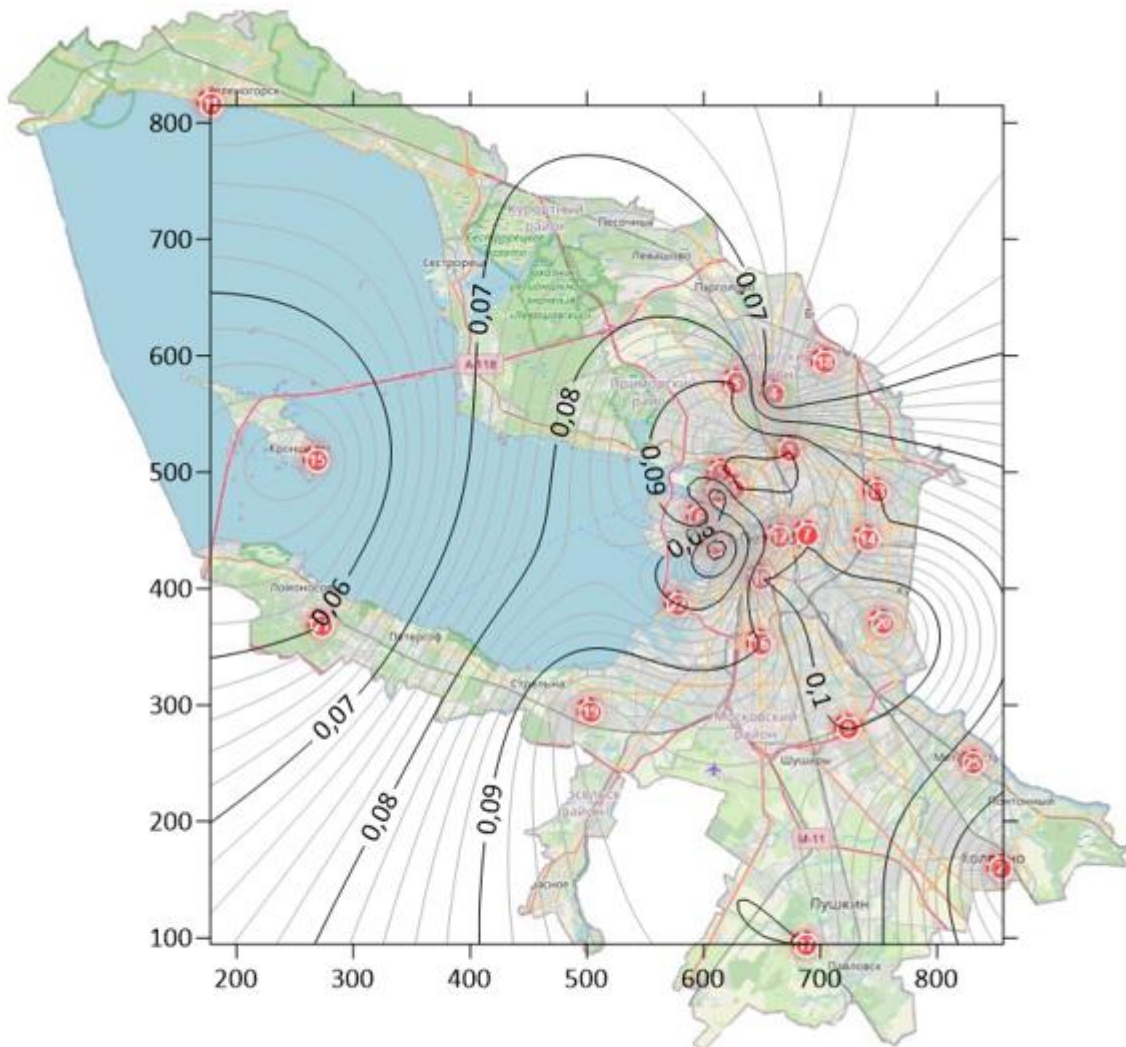


Рисунок 3.17 – Пространственное распределение NO₂ за июнь 2025 года

ИЗОЛИНИИ

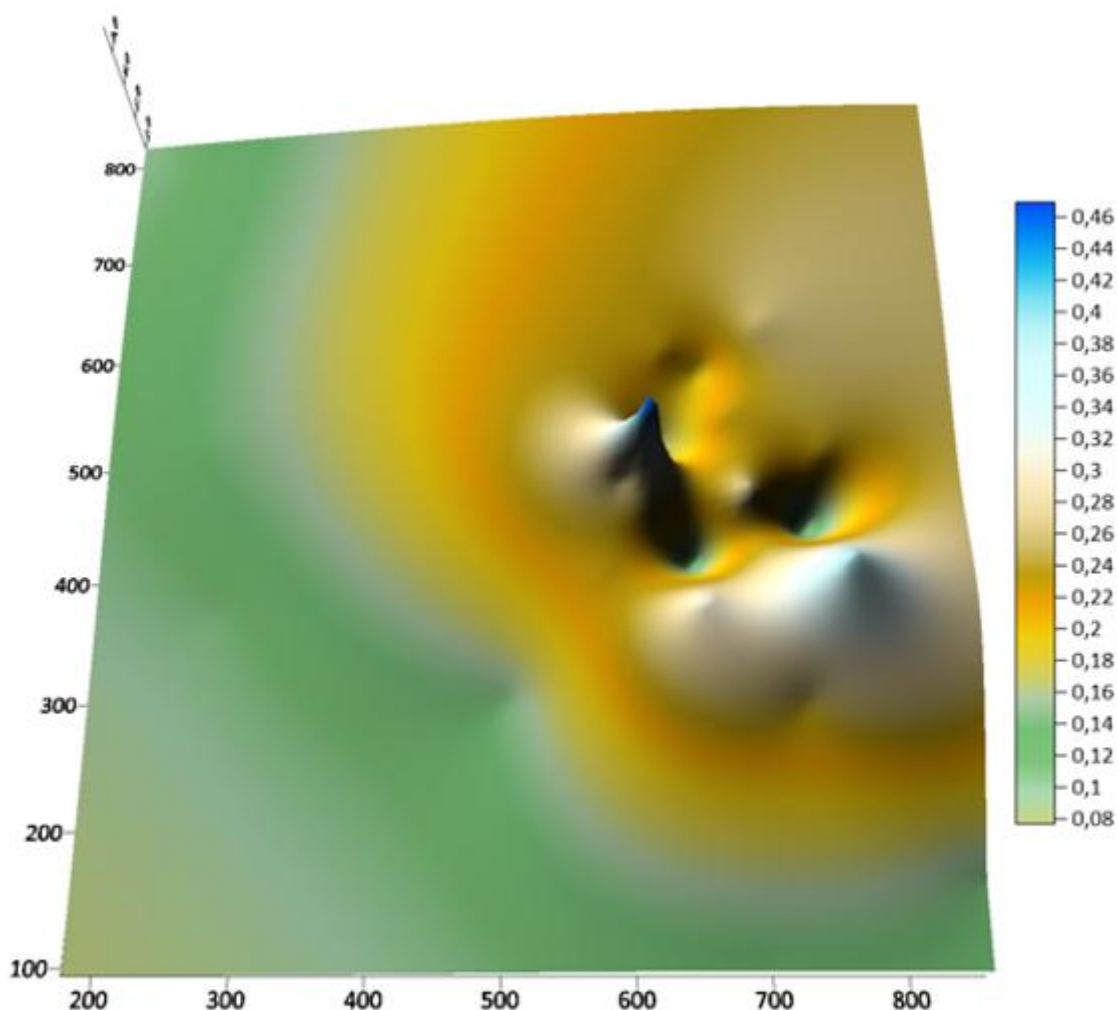


Рисунок 3.18 – Пространственное распределение NO_2 за июль 2025 года
трехмерное изображение распределения

В июле 2025 года диоксид азота, как и в июне, ни разу не превысил ПДК_{сс}. Однако его концентрации заметно выросли: диапазон составил от 0,08 до 0,58, а пиковое значение (0,58) оказалось выше июньского (0,51). Максимум по-прежнему зафиксирован на станции №23 в Петроградском районе (пр. Динамо, 44). Наименьшие уровни, как и в предыдущий месяц, характерны для периферийных районов: Кронштадтского, Курортного, Петродворцового и Колпинского.

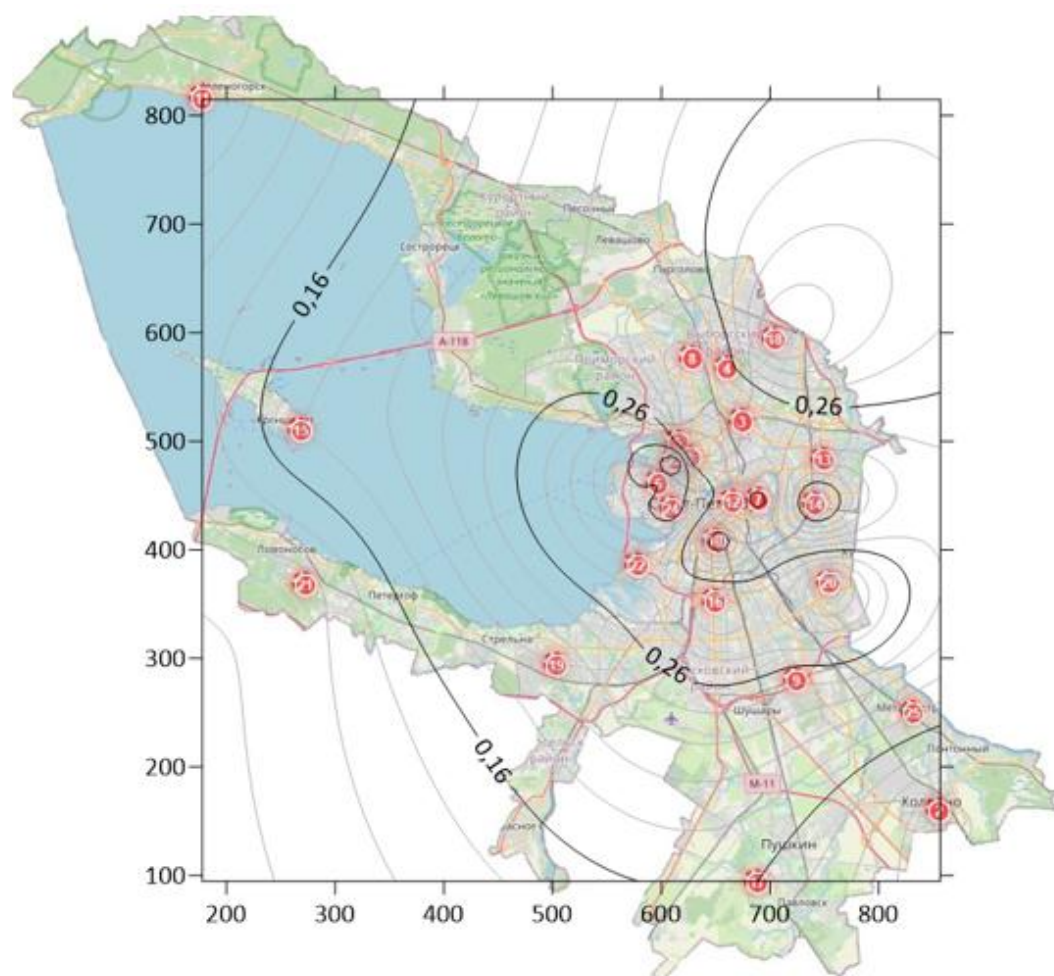


Рисунок 3.19 – Пространственное распределение NO₂ за июль 2025 года
ИЗОЛИНИИ

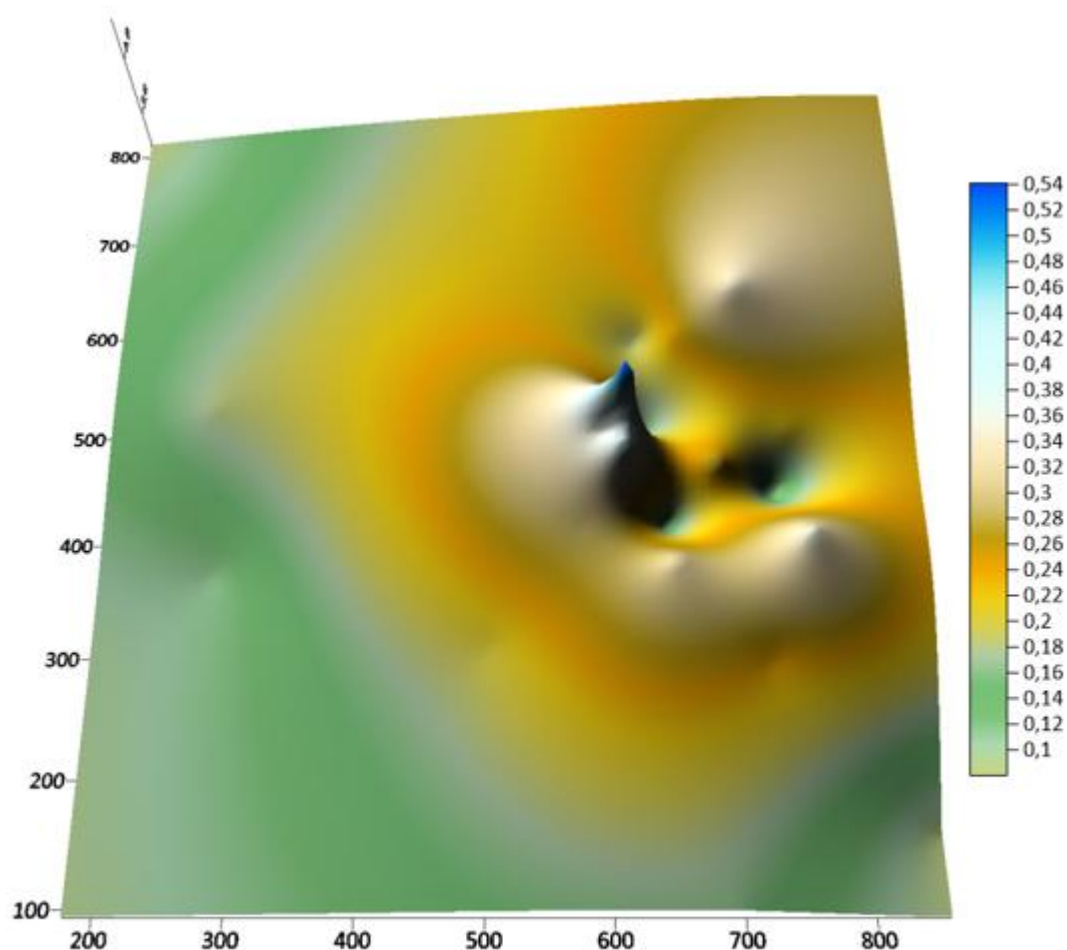


Рисунок 3.20 – Пространственное распределение NO_2 за июль 2025 года
трехмерное изображение распределения

На построенных графиках видно, что концентрация NO_2 не превышает норму ни на одной из станций. Концентрация NO_2 в июле 2025 года находилась в пределах от 0,08 до 0,58 ПДК_{сс}. Виден максимум на станции №23 по адресу: пр. Динамо, 44, в Петроградском районе. Наименее загрязненными оказались Кронштадтский, Курортный, Петродворцовый и Колпинский районы Санкт-Петербурга.

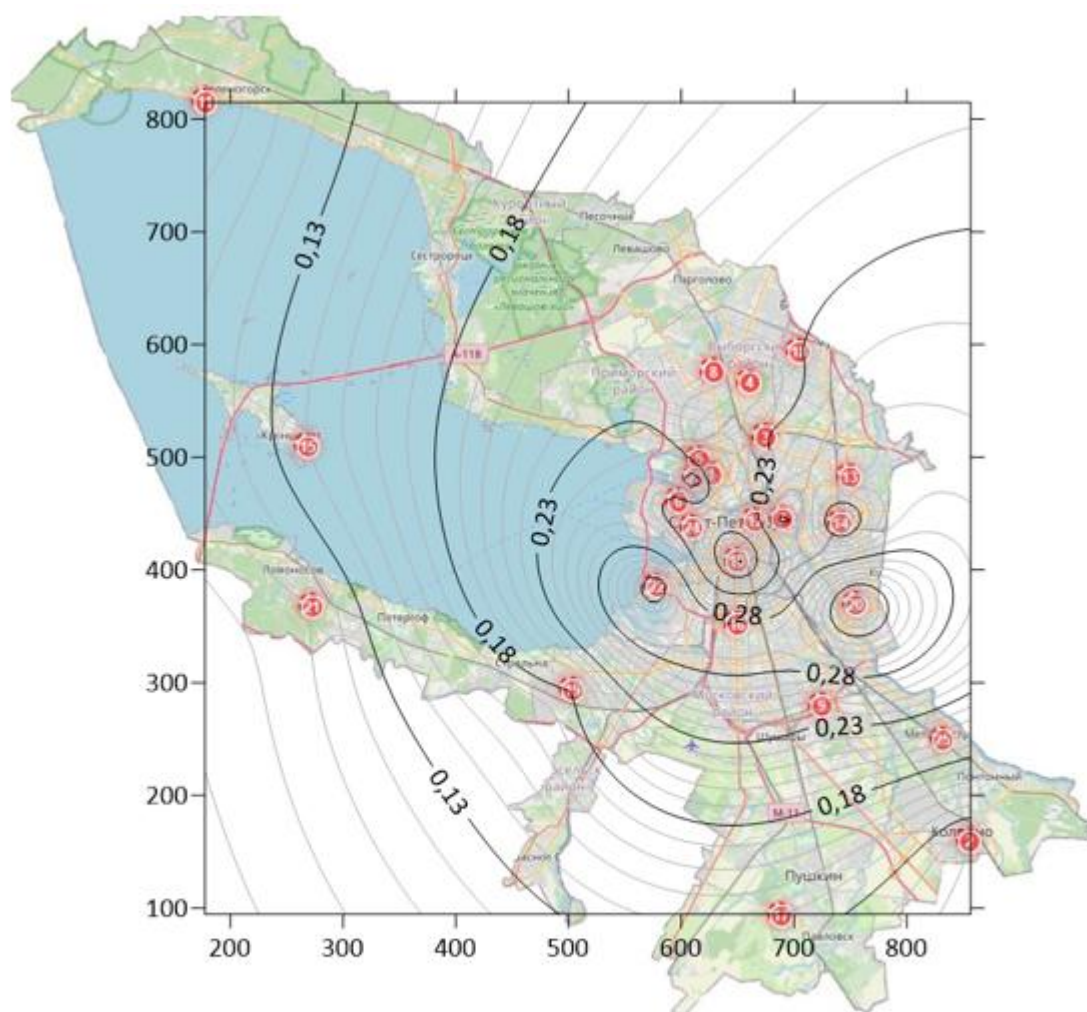


Рисунок 3.21 – Пространственное распределение NO_2 за август 2025 года
ИЗОЛИНИИ

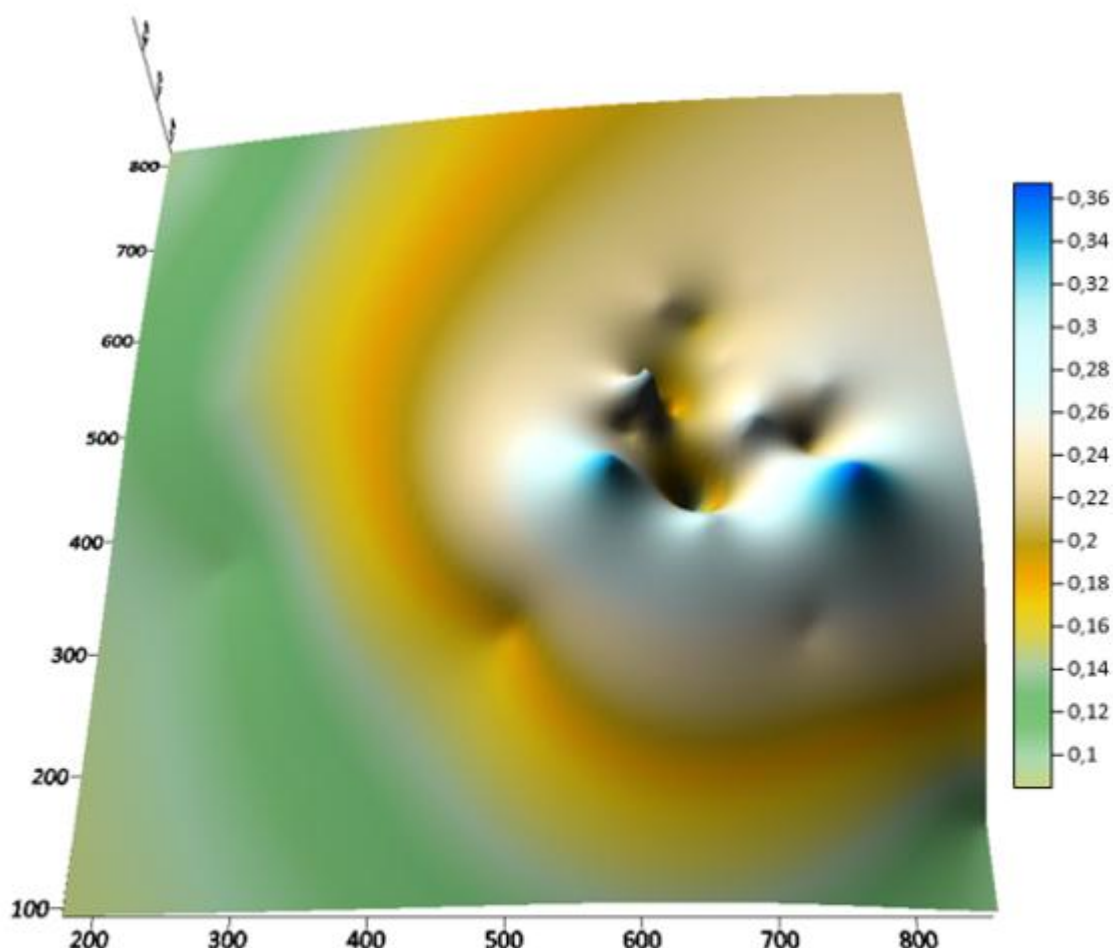


Рисунок 3.22 – Пространственное распределение NO_2 за август 2025 года
трехмерное изображение распределения

В августе 2025 года диоксид азота оставался в пределах нормы: значения варьировались от 0,09 до 0,37 ПДК_{сс}. Самый высокий показатель (0,37) зарегистрирован в Невском районе (станция №20, ул. Тельмана, 24), а близкий к нему уровень (0,35) – в Кировском районе (станция №22, Канонерский остров). Периферийные районы (Кронштадтский, Курортный, Петродворцовый, Колпинский) вновь оказались наименее загрязнёнными.

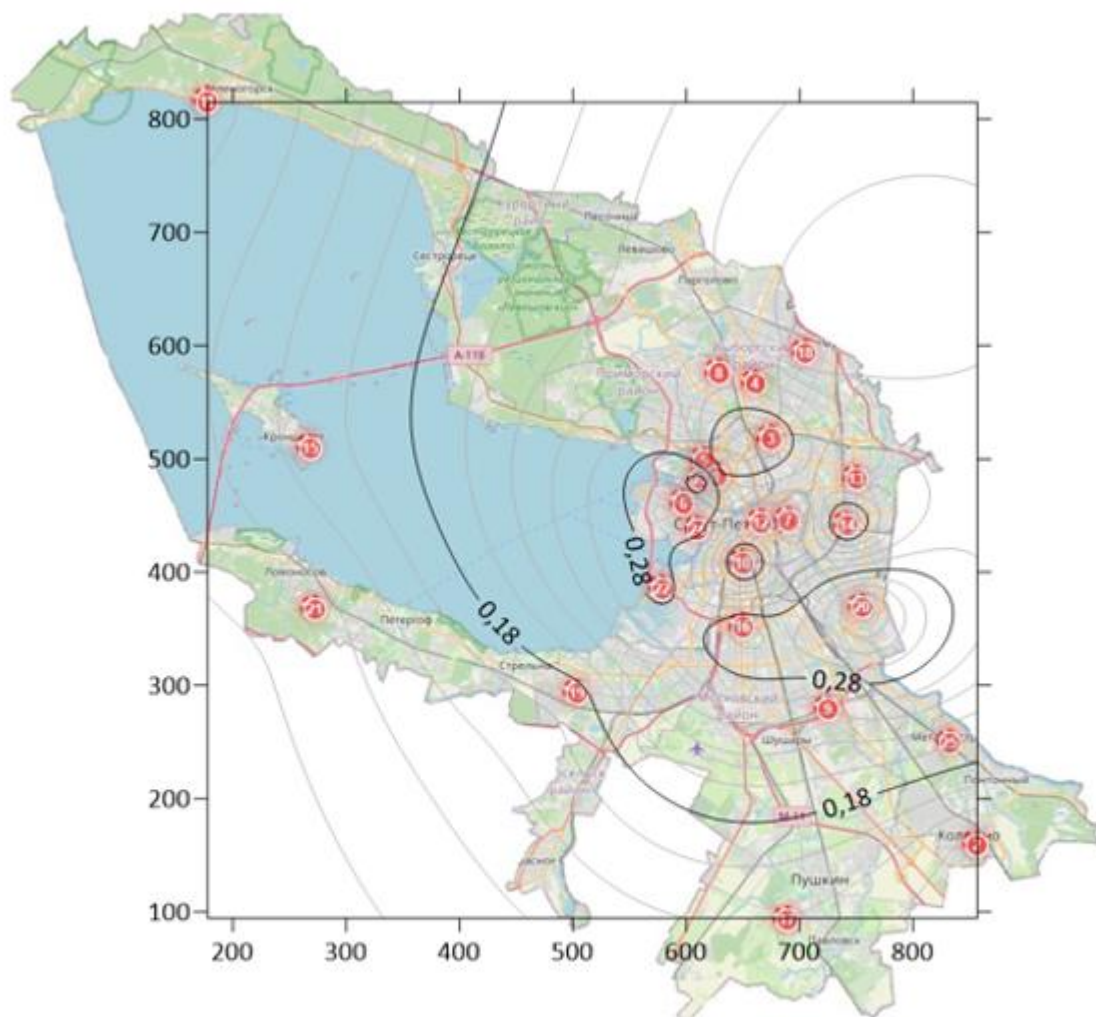


Рисунок 3.23 – Пространственное распределение NO_2 за лето 2025 года

ИЗОЛІНІИ

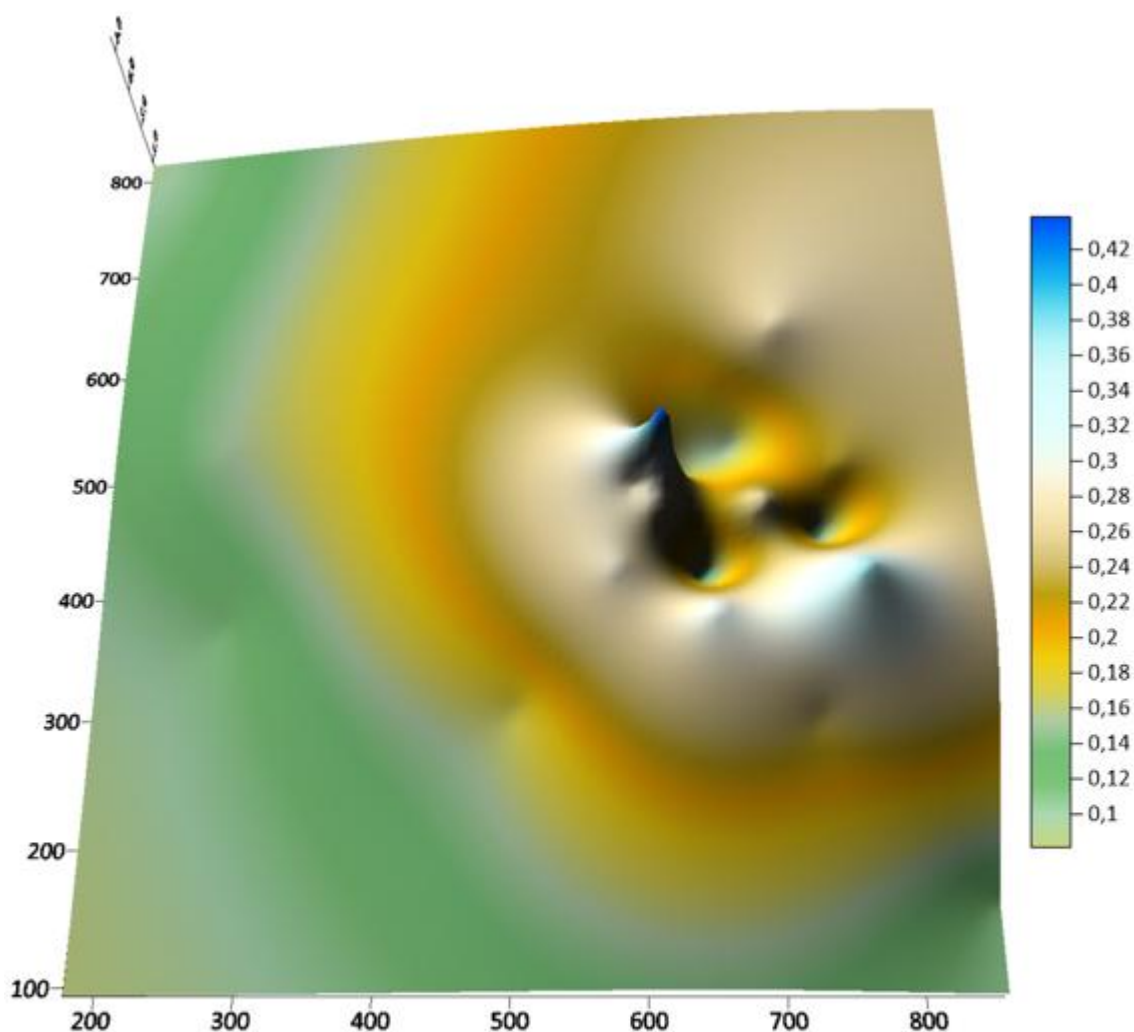


Рисунок 3.24 – Пространственное распределение NO_2 за лето 2025 года
трехмерное изображение распределения

За весь летний сезон 2025 года диоксид азота ни разу не превысил ПДК_{сс}. Концентрации варьировались от 0,09 до 0,47. Максимальное значение (0,47) зафиксировано в Петроградском районе на станции №23 (пр. Динамо, 44). Высокие средние уровни отмечены также в Московском, Кировском и Петроградском районах. Наименьшие концентрации, напротив, характерны для периферийных районов: Кронштадтского, Курортного, Петродворцового и Колпинского.

3.3 Влияние погодных условий на уровни загрязнения воздуха

Для выявления зависимости между уровнями загрязнения и погодными условиями необходимо проанализировать климатические особенности каждого летнего месяца 2025 года. Ниже приведён обзор погоды, составленный по данным ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [19].

Лето в Ленинградской области по климатической норме – умеренно тёплое, оно длится с начала июня до первой декады сентября. Средняя многолетняя температура составляет 14–17 °С. Июль традиционно самый тёплый месяц. За всю историю наблюдений рекордно жарким было лето 1972 года, когда каждый месяц был теплее нормы на 3–4 °С. Самым холодным оказалось лето 1976 года (отклонение вниз на 1–3 °С).

Сумма осадков летом выше, чем в другие сезоны. Опасные явления (ливни, грозы, шквалы) связаны с конвективной облачностью, возникающей как на атмосферных фронтах, так и внутри неустойчивых влажных масс. Сильные ветры кратковременны и носят шквалистый характер, тогда как повторяемость штилей – максимальна [19].

В первую неделю погоду формировали циклоны с Норвежского моря. Преобладала переменная облачность, временами шли дожди; температура превышала норму: ночью 6–11 °С, днём 17–22 °С, а 5 июня воздух прогрелся до 20–25 °С. 8–9 июня через область прошёл частный циклон с сильными дождями, из-за чего дневная температура упала до 13–18 °С [19]. 11–13 июня циклон с Британских островов принёс на юг области небольшие и умеренные дожди (ночью 7–12 °С, днём 16–21 °С). С 17 по 30 июня удерживалась облачная с прояснениями погода с частыми дождями; ночью 8–13 °С (на востоке местами 1–6 °С), днём 14–19 °С, и лишь 18, 23, 27 и 28 июня столбики термометров поднимались до 17–22 °С. Осадки распределились неравномерно:

на западе области выпало 128–294 % от нормы, на востоке – 79–152 % [20]. В Санкт-Петербурге (метеостанция в Петроградском районе) среднемесячная температура составила 15,5 °С – на 0,6 °С ниже климатической нормы. Сумма осадков достигла 100,1 мм (145 % нормы), а продолжительность солнечного сияния – 197,2 часа (77,6 % нормы) [19].

Первая декада июля также прошла под влиянием циклонов с частыми дождями и грозами. При прохождении одного из них 3–4 июля порывы западного ветра достигали 15–22 м/с, возникла угроза нагонного наводнения, которое стало всего вторым июльским наводнением за всю историю Невского региона. Температура держалась ниже нормы: ночью 8–13 °С, днём 15–20 °С (в отдельные дни – до 21–26 °С) [19]. 11–13 июля пришёл «южный» циклон, вызвавший кратковременные дожди, ливни, грозы, град и шквалистый ветер. С притоком тёплого воздуха дневной прогрев достиг 28–33 °С. Во второй половине месяца установился антициклон: погода стала малооблачной, сухой и жаркой (лишь местами выпадали кратковременные дожди). Ночью температура составляла 13–18 °С. Днём: 14–22 июля – 24–29 °С, 23–31 июля – 27–32 °С. За месяц в большинстве районов выпало лишь 28–71 % нормы осадков, местами – 87–118 % [20]. В Санкт-Петербурге среднемесячная температура поднялась до 21,6 °С (на 2,5 °С выше нормы). Осадков выпало 73 мм (88 % нормы), а суммарная продолжительность солнечного сияния составила 325,5 часа (121 % нормы) [19].

В августе снова преобладала циклонная деятельность. Начало месяца было очень тёплым (на 3–5 °С выше нормы): ночью 14–19 °С, днём 24–29 °С, а 1 августа местами – до 30–31 °С. 1–2 августа прошли кратковременные дожди с грозами, 3–4 августа осадков не было. 5 августа днём ещё держалось тепло (24–29 °С), но после прохождения холодного фронта 6 августа температура упала до 19–24 °С. До 13 августа область находилась под влиянием циклонов – ежедневно отмечались дожди и грозы; ночью 10–15 °С (местами до 8 °С), днём 19–24 °С. 14–15 августа благодаря гребню антициклона осадки прекратились,

днём воздух прогревался до 21–25 °С [19]. Во второй половине месяца погоду определяли центры и западные периферии циклонов. Стало прохладно (на 1–4 °С ниже нормы) с почти ежедневными дождями, ливнями, грозами и градом. Ночью температура опускалась до 5–10 °С (местами 0–4 °С), днём – до 14–19 °С (в отдельные дни не выше 12–17 °С). Сумма осадков за месяц составила на севере области 63–99 % нормы, на юге – 104–164 % [20]. В Санкт-Петербурге среднемесячная температура оказалась на 0,3 °С ниже нормы (17,1 °С), осадков выпало 105,5 мм (122 % нормы), а продолжительность солнечного сияния достигла 113 % нормы [20].

В июне благодаря сочетанию небольшого отрицательного температурного отклонения и обильных осадков уровень загрязняющих веществ оказался ниже, чем в следующем месяце. В июле, напротив, установился устойчивый антициклон, стояла аномальная жара, а дождей почти не было. Эти условия способствовали накоплению примесей в приземном слое, поэтому июль стал самым загрязнённым месяцем лета 2025 года. Август, как и июнь, характеризовался отрицательной аномалией температуры и избытком осадков, что привело к снижению концентраций загрязнителей. В результате этот месяц оказался самым чистым за весь сезон.

Заключение

Одной из самых актуальных экологических задач современного Санкт-Петербурга остаётся контроль загрязнения атмосферы. В рамках исследования проанализировано пространственное распределение концентраций загрязняющих веществ в летние месяцы 2025 года во взаимосвязи с метеорологическими параметрами.

Станции мониторинга зафиксировали чёткую зависимость: уровень выбросов тем выше, чем ближе к центру города и промзонам. Причина являются плотные транспортные потоки, крупные автомагистрали и работа промышленных предприятий. Самая благоприятная обстановка была зафиксирована на окраинах, где антропогенная нагрузка ниже, а близость зелёных массивов и водных объектов помогает естественному очищению.

Летом 2025 года высокая солнечная активность запускает фотохимические реакции, а частая смена циклонов и антициклонов перераспределяет примеси. Дождливые и ветреные периоды в июне и августе способствовали рассеиванию и вымыванию загрязнителей. В июле высокая температура воздуха, слабый ветер и небольшое количество дождей спровоцировали зоны повышения концентраций загрязняющих веществ.

Если сравнивать месяцы, то июнь при умеренно прохладной и влажной погоде показал средний уровень загрязнения. Июль стал самым загрязненным при сочетании высокой температуры воздуха, небольшого количества осадков и антициклона дало максимальные за сезон концентрации NO_2 и взвешенных частиц. Август оказался самым чистым этому способствовали активизация циклонов, обильные осадки и невысокие температуры.

Таким образом, для эффективной оценки загрязнения городской среды необходим учёт не только источников выбросов, но и погодных условий. Представленные данные могут лечь в основу региональных экологических

программ и практических мер по улучшению качества воздушного бассейна Санкт-Петербурга.

Список литературы

1. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Ленинград : Гидрометеиздат, 2000. – 548 с.
2. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1969. – 645 с.
3. Седунов Ю.С. Справочник по атмосфере. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. – 504 с.
4. Стадницкий Г.В. Экология : учебное пособие / Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов. – Санкт-Петербург: Химия, 1997. – 240 с.
5. Ахметов Н.С. Неорганическая и общая химия: учебник для вузов. – Москва: Высшая школа: Издательский центр «Академия», 2001. – 743 с.
6. Беккер А.А. Контроль и защита природной среды от загрязнения / А.А. Беккер, Т.Б. Агаев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 286 с.
7. Территориальная система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] / И.А. Серебрицкий, Д.Т. Азёмов, Н.А. Жигунова, Е.С. Бородин. – Режим доступа: <https://ecopeterburg.ru/2024/01/19/территориальная-система-мониторинг/> (дата обращения: 15.05.2026).
8. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: гигиенические нормативы. – Москва, 2003. – 41 с.
9. Горшков М.В. Экологический мониторинг: учебное пособие. – Владивосток: Издательство ТГЭУ, 2010. – 313 с.
10. Потапов А.И. Мониторинг окружающей среды: Управление и контроль качества. Часть 1 / А.И. Потапов, В.Н. Воробьёв, Л.Н. Карлин, А.А. Музалевский. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2002. – 432 с.
11. Пашкевич М.А. Экологический мониторинг: учебное пособие / М.А. Пашкевич, В.Ф. Шуйский; Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). – Санкт-Петербург, 2002. – 89 с.

12. Матвеев А.В. Управление охраной окружающей среды: учебное пособие / А.В. Матвеев; СПбГУАП. – Санкт-Петербург: СПбГУАП, 2003. – 112 с.
13. Израэль Ю.А. Контроль и экология окружающей среды. – Москва : Гидрометеиздат, 1984. – 375 с.
14. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 188 с.
15. Герасимов Б.И. Методы и приборы экологического мониторинга / Б.И. Герасимов, И.В. Коробейников [и др.]. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1996. – 111 с.
16. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infoeco.ru/> (дата обращения: 17.11.2025).
17. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecopeterburg.ru/> (дата обращения: 04.03.2026).
18. Крюкова С.В. Анализ загрязнения воздушного бассейна : лабораторный практикум / С.В. Крюкова, Т.Е. Симакина. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2018. – 60 с.
19. Официальный портал ФГБУ «Северо-Западное УГМС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteo.nw.ru> (дата обращения: 24.05.2026).
20. Погода и климат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 18.04.2026).