



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: «Анализ влияния приземных инверсий температуры на качество
воздуха в Санкт-Петербурге»

Исполнитель Хохлова Елизавета Андреевна
(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)

«29» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение	3
1. Инверсии температуры и их характеристики	5
1.1. Причины возникновения инверсий	5
2. Загрязнение атмосферы	11
2.1. Состав и структура атмосферы.....	11
2.2 Нормативы загрязнения атмосферного воздуха	16
2.3 Автоматические станции г.Санкт-Петербурга	18
3. Анализ метеорологических и данных о загрязнении воздуха	20
3.1 Анализ среднемесячных значений концентрации загрязняющих веществ.....	22
3.2 Анализ приземных инверсий	25
Заключение	34
Список использованной литературы.....	36
Приложение	38

Введение

В атмосфере постоянно происходят сложные и порой незаметные глазу процессы, от которых напрямую зависит самочувствие и здоровью людей, особенно условиях больших городов. Один из таких процессов — это образование приземных температурных инверсий. Несмотря на то, что этот термин чаще всего встречается в научной профессиональной среде, его проявления ощущается каждым, кто хоть раз сталкивался с густым смогом, стойким запахом гари или ощущением “удушливого” воздуха безветренные дни. Инверсии температуры способны задерживать загрязненные массы воздуха в нижних слоях атмосферы, что нередко приводит к ухудшению экологической обстановки, рост концентрации вредных веществ и, как следствие, негативного влияния на здоровье населения.

Особую актуальность эта проблема приобретает для Санкт-Петербурга — крупного мегаполиса с промышленностью, плотной транспортной сетью и уникальными климатическими условиями. Город расположен по побережье Финского залива, что представляет наличие морских воздушных масс, высокой влажности и частых перепадов температур. Все это способствует формированию приземных инверсий, особенно в холодное время года. При этом Санкт-Петербург часто оказывается в зоне действия антициклонов, сопровождающихся штилем ясной погоды, это создает благоприятные условия для развития инверсионных состояний. Учитывая плотность населения и промышленную нагрузку, каждый эпизод инверсии может сопровождаться резким скачком уровня загрязнения воздуха.

Целью работы является анализ влияния приземных инверсий температуры на качество воздуха в Кировском и Фрунзенском районе г. Санкт-Петербурга.

Для достижения поставленной цели исследования были сформулированы следующие задачи:

- Рассмотреть основные физические механизмы формирования приземных инверсий, условия возникновения;
- исследование, классификации и микроструктуры приземных инверсий температуры;
- исследование и анализ данных метеорологических станций, корреляции между качеством воздуха и приземных инверсий;
- Рассчитать параметры приземных инверсий
- Построение графиков зависимости и их анализ
- Рассмотреть все полученные данные и сделать вывод.

Выпускная работа состоит из следующих частей: введение, три главы, каждая из которых разделена на подглавы, заключение, список использованной литературы и приложение.

1 Инверсии температуры и их характеристики

1.1 Причины возникновения инверсий

О температурной инверсии говорят тогда, когда привычное убывание температуры с высотой меняется на обратное: на нескольких десятках или сотнях метров воздух становится всё теплее. Чаще всего она формируется в тёплое время года во время безветренных ночей: земная поверхность активно излучает тепло в пространство, быстро остывает, вслед за ней охлаждается и прилегающий к земле воздух.

Причинами инверсий являются:

- 1) Тип, инверсии, вызываемой соприкосновением воздуха на малых высотах с расположенной ниже холодной земли, называется излучающей инверсией.
- 2) Морской бриз, при котором соприкосновением воздуха на малых высотах с расположенной ниже холодной землей, называется излучающей инверсией.
- 3) “Эффект долины“ Существует два его проявления. В первом случае охладившийся на склонах воздух стекает вниз, вытесняя вверх более тёплый воздух со дна долины. Во втором формируются «вечерние тепловые потоки»: по мере спуска холодного воздуха вверх поднимается участок восходящего, более тёплого движения. Однако окончательным результатом является инверсия на очень небольшой высоте над дном долины вследствие наличия теплого воздуха, над холодным воздухом. При наличии достаточной влажности это может подтверждаться слоем низко лежащей дымки. В другом случае после охлаждения воздуха в долине ветер может перемещать сюда воздух с более высоких районов. Этот воздух будет нагреваться из-за компрессии по мере его опускания, вызывая в результате этого инверсию (тёплый воздух над холодным воздухом) в долине;
- 4) Инверсия может образоваться между соседними слоями воздуха, движущимися с разными скоростями и в разных направлениях [1].

Лучшим способом определения вертикального градиента, а, следовательно, и условий стабильности, является непосредственное измерение температуры у поверхности и по крайней мере на одном более высоком уровне, например на высоте 10 м.

Инверсии непостоянны. Прежде всего, их разрушает солнечное тепло. Инверсии, сформировавшиеся на границах антициклонов, разрушаются благодаря широко распространенному вертикальному движению атмосферы. На границах антициклонов обычно опускаются большие воздушные массы. Они обладают большой массой и инерцией. Воздух ведет себя как своего рода пружина. Фаза сжатия сменяется обратным процессом – подъемом воздуха. Это ведет к подъему инверсии и ее исчезновению. В результате инверсия ведет себя, как широкий батут, который как бы «проминается» под излишней массой воздуха в антициклоне и затем медленно возвращается в первоначальное положение.

Температурную инверсию описывают тремя параметрами:

- высотой нижней границы — отметкой, где температурный профиль меняет знак и начинается его рост;
- толщиной инверсионного слоя — вертикальным интервалом, в котором температура продолжает увеличиваться;
- скачком температуры — разностью значений на верхней и нижней границах этого слоя.

Главными характеристиками инверсий температуры является их мощность, интенсивность и температурный градиент. Мощность инверсии определяют по разнице между верхней и нижней границами инверсии, выраженной в метрах. Интенсивность инверсии – это разница температур на её границах (°C).[12].

По высоте все тропосферные инверсии можно разделить на инверсии приземные и инверсии в свободной атмосфере.

Приземная инверсия начинается от самой подстилающей поверхности.

Над открытой водой такие инверсии наблюдаются редко. У подстилающей поверхности температура самая низкая, с высотой она растет, причем этот рост может распространяться на слой в несколько десятков и даже сотен метров. Затем инверсия сменяется нормальным падением температуры с высотой.

Инверсия в свободной атмосфере наблюдается в некотором слое воздуха, лежащем на той или иной высоте над земной поверхностью, основание инверсии может находиться на любом уровне в тропосфере, однако наиболее часты инверсии в пределах нижних 2 км. Толщина инверсионного слоя также может быть самой различной — от немногих десятков до многих сотен метров. Наконец, скачок температуры на инверсии, т. е. разность температур на верхней и нижней границах инверсионного слоя, может колебаться от 1°С и меньше до 10—15° С и больше.

Слишком сильная турбулентность неблагоприятна для образования и сохранения инверсии, так как охлажденный воздух будет ею быстро рассеиваться.

Для образования приземных инверсий особенно благоприятны ясные ночи со слабым ветром. Такие условия погоды характерны для антициклонов и весной и осенью могут привести к ночным заморозкам. Явление заморозков, как правило, связано с образованием приземной инверсии. С приземными инверсиями связаны также так называемые поземные.

Инверсии температуры можно подразделять на термические и динамические. К первым относят радиационные, орографические, адвективные и весенние (снежные), ко вторым – инверсии оседания (сжатия), динамические, турбулентные (трения) и фронтальные. Образовываться инверсии могут под влиянием нескольких процессов: оседания и радиационных потерь тепла (инверсии в антициклонах).

С восходом Солнца приземная инверсия радиационного типа разрушается, так как ночное охлаждение почвы сменяется прогреванием.

Рельеф местности может усиливать инверсию. Так, охлаждение воздуха в ясную погоду особенно велико в котловинах, откуда выхолаженный воздух не находит выхода.

Весной теплый воздух, текущий над снежным покровом, охлаждается, потому что тепло идет на таяние снега. Над поверхностью тающего снежного покрова возникает так называемая снежная или весенняя инверсия. Если ветер достаточно сильный, то вследствие турбулентности эта инверсия обнаруживается не у самой земной поверхности, а на некоторой высоте.

Над полярными льдами приземные инверсии часты и летом. В это время они связаны с охлаждением воздуха над тающим льдом. Вместо инверсии может наблюдаться также состояние, близкое к изотермическому, т. е. с вертикальными градиентами температуры, близкими к нулю.

Приподнятые инверсии, т. е. инверсионные слои в свободной атмосфере, возникают преимущественно в устойчивых антициклонах как над сушей, так и над морем, и наблюдаются над большими территориями на протяжении длительных периодов.

Большинство инверсий в свободной атмосфере являются инверсиями оседания. Они возникают вследствие нисходящего движения воздуха и его адиабатического нагревания. Инверсии оседания образуются именно в устойчивых воздушных массах антициклонов, где воздух обладает нисходящими составляющими движения. При этом решающее значение имеет наличие максимума оседания в свободной атмосфере. Опускаясь вниз, оседая вследствие горизонтального растекания, атмосферный слой в то же самое время сжимается вследствие повышения давления.

Инверсии оседания покрывают обширные территории в соответствии с размерами антициклонов, в которых они возникают. Особенно велики инверсии оседания в зимних устойчивых антициклонах над материками умеренных широт. Почти постоянно инверсии или изотермии наблюдаются в нижних двух километрах в зоне пассатов на обращенной к экватору периферии субтропических антициклонов.

Во время температурной инверсии более холодный воздух оказывается у поверхности земли, а над ним более теплый слой, который мешает вертикальному перемешиванию и приводит к накоплению загрязняющих веществ в слое.

1.2 Влияние инверсий на качество воздуха в Санкт-Петербурге

1) Повышение концентрации загрязняющих веществ – Одним из наиболее очевидных эффектов приземных инверсий является рост концентрации вредных примесей в воздухе. В условиях нормальной термической стратификации атмосферы воздух у поверхности прогревается и поднимается вверх, обеспечивая вертикальную вентиляцию и рассеивание загрязняющих веществ. При инверсии этот процесс нарушается: более тёплый воздух сверху “запирает” более холодный и тяжёлый приземной слой, создавая температурный барьер. Все выбросы – от автомобильных выхлопов до промышленных аэрозолей – накапливаются в пределах 100–200 метров от земли, не имея возможности рассеяться. В такие периоды фиксируется превышение по диоксиду азота (NO_2), оксиду углерода (CO) и сернистому ангидриду (SO_2).

2) Образование смога – условиях инверсии полученной концентрации загрязняющих веществ способствуют формированию смога – плотный приземный дымки насыщенные аэрозолями газами и твёрдыми частицами. Такое явление чаще всего наблюдается осенью зимой, когда они наиболее устойчивы, а количество солнечного света интенсивно с вертикального движения атмосферы минимальным. Особенно опасно считается так называемый “туманный смог” – когда высокая влажность способствует конденсации капель влаги на частицах сажи, пыли, кислотных аэрозолей и других примесей. Получается густая, яркая взвесь, затрудняющая дыхание и резко уменьшающая видимость. Такая ситуация может продлиться несколько суток, в некоторых случаях, и особенно в антициклональных условиях.

3) Рост концентрации мелкодисперсных частиц (PM_{2.5} и PM₁₀) – накопление в воздухе мелкой дисперсных частиц – являются опасностью для здоровья. Частицы PM_{2.5} и PM₁₀ проникают глубоко в дыхательные пути и способны вызывать серьезные последствия для здоровья, сердечно-сосудистой системы, включая обострение бронхолегочных заболеваний, нарушение сердечного ритма, воспалительных реакций и даже рост смертности при длительном воздействии.

Механизм накопления таких частиц при инверсии прост: выбросы промышленных объектов и выхлопные газы содержат большое количество сажи, пыли, продуктов сгорания, серных азотных соединений. При отсутствии вертикального перемешивания данные частицы длительное время останутся в приземном слое, особенно в районах с ограниченной циркуляции воздуха. Частицы PM_{2.5}, в силу самого размера, не оседают и могут удерживаться в атмосфере даже пришла бы метры, распространяясь на большие расстояния и проникая внутрь зданий оседая на стенах, мебели и др.

При приземной инверсии температура воздуха в нижних слоях имеет минимальное значение и постепенно растет с высотой, таким образом это препятствует подъему выбросов, которые располагаются у земной поверхности.

2 Загрязнение атмосферы

2.1 Состав и структура атмосферы

Атмосфера — оболочка планеты, состоящая из различных смесей газов, водяного пара и пылевых частиц. Через атмосферу насквозь проникает солнечная радиация, которая определяет тепловой режим поверхностного слоя Земли.

Атмосферу можно разделить на две главные части: верхнюю (мезосфера) и нижнюю (тропосфера). В данной работе мы будем рассматривать тропосферу. Толщина тропосферы 10-12км над уровнем моря, на полюсах 7-10 км., а над экватором 16-18км. В ней (тропосфере) может образовываться "парниковый эффект" из-за того, что углекислый газ, водяной пар и озон, содержащийся в ней, поглощают тепловое длинноволновое излучение Земли и поэтому тропосфера нагревается. Чем выше, тем меньше слои получают теплового излучения из-за чего температура в них понижается по мере отдаления от поверхности Земли. Изменение температур в тропосфере является главным фактором развития климата, а также его характеристикой. Температура уменьшается на 0.6-0.65°C/100м.

Таблица 2.1.1 Распределение температур в слоях

Слой	Высота над уровнем моря, км		Температурный градиент, °C/км	Температура воздуха на границах, °C	
	Нижняя граница	Верхняя граница		Нижняя граница	Верхняя граница
Тропосфера	0	От 8 до 18	-6,45	15	-56
Стратосфера	От 8 до 18	От 50 до 55	+1,38	-56	-2
Мезосфера	От 50 до 55	От 80 до 85	-2,56	-2	-90
Термосфера	От 80 до 85	1000	+3,13 (до 300 км)	-92	1200

Для дальнейших исследований нам понадобится состав атмосферного воздуха. Основополагающие газы атмосферы – кислород, азот, и аргон — это примерно 99,96% процентов массы всей атмосферы. В таблице 2.1.2 указаны средние значения химического состава атмосферы [6].

Таблица 2.1.2 Главные составляющие атмосферы

Наименование	Масса от атмосферы в %
Азот	78,084%
Кислород	20,946%
Аргон	0,934%
Диоксид углерода	0,033%
Неон	$18,18 \cdot 10^{-4}\%$
Гелий	$5,24 \cdot 10^{-4}\%$
Метан	$1,3 \cdot 10^{-4}\%$
Криптон	$1,14 \cdot 10^{-4}\%$
Водород	$0,5 \cdot 10^{-4}\%$
Оксид озона	$0,35 \cdot 10^{-4}\%$
Ксенон	$0,087 \cdot 10^{-4}\%$

[по ГОСТ 17.2.3.02-2014].

Ниже перечислены и описаны основные загрязняющие вещества. Диоксид серы (SO_2), более известный как сернистый ангидрид, — бесцветный газ с резким, раздражающим запахом и один из основных компонентов вулканических выбросов. Содержание серы в атмосфере пополняется естественными путями: испарением аэрозольных частиц морской воды, выделением сероводорода биогенного происхождения, а также выбросами газов при извержениях вулканов. Наиболее распространённая форма серы в воздухе как раз и представлена сернистым газом.

Оксид углерода (CO) или угарный газ — бесцветный и крайне токсичный газ без вкуса и запаха, при обычных условиях он чуть легче воздуха, основными источниками CO служат процессы сгорания: работа двигателей и котлов на топливе, сжигание твёрдых отходов, а также частичный анаэробный распад органических веществ.

Оксид азота (NO) в нормальных условиях является бесцветным ядовитым газом, образуется непосредственно из свободных элементов соединением кислорода с азотом при достаточно высоких температурах (около 1200 °C) или в электрическом разряде. Образуется в атмосфере при грозовых разрядах.

Оксид азота способен окисляться до диоксида азота (NO₂), цвет меняется на коричневый (красно-бурый), приобретает характерный острый запах, становясь еще более ядовитым газом, выхлопные газы автомобилей и выбросы теплостанций являются основными источниками образования диоксида азота в атмосфере.

Примерно половина угарного газа на планете образуется из-за деятельности человека. Во многом благодаря работе двигателям внутреннего сгорания транспортов, а также неполного сгорания топлива на фабриках и промышленных предприятиях.

Аммиак (NH₃) – токсичный бесцветный газ с резким характерным запахом. Хорошо растворим в воде, а также в спирте и во многих других органических растворителях. В промышленных условиях получают путем синтеза водорода и азота. Аммиак в природных условиях образуется в результате разложения органических соединений, содержащих азот. часто встречается в легкой (очистка и окрашивание тканей) и нефтехимической (нейтрализация кислотных отходов) промышленности. Так же используют жидкий аммиак в качестве хладагента в холодильном оборудовании из-за термодинамических свойств, а также применяется в медицине как раствор нитрида водорода (нашатырный спирт).

Фотохимические окислители – озон (O₃). Токсичный газ голубого цвета, который имеет весьма характерный запах. Характеризуется сильной

окисляющей способностью. Окисляет все металлы, кроме золота и платины. Он реагирует с газами, находящимися в атмосфере – оксидами серы, азота и другими. Озон образуется, когда расщепляются молекулы кислорода, или диоксида азота (NO_2) с образованием атомарного кислорода (O), после чего он присоединяется к другой молекуле кислорода.

По характеру загрязнители разделяют на:

- Физические – различные виды загрязнителей, включающие в себя механические, радиационные, электромагнитные, акустические и тепловые загрязнители.
- Химические – оксид углерода (IV), оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, аммиак, пыль и радиоактивные изотопы.
- Биологические – загрязнение биологической среды микробами.

Окружающей средой считается всё, что окружает предприятие от почвы и воздуха до социума, на которые способны повлиять его выбросы и шумы.

Поскольку окружающая среда — это среда, в которой мы живем, мы несем ответственность за ее безопасность от вреда.

Уровень загрязнения атмосферы в городах в значительной степени определяется метеорологическими условиями: вертикальным изменением температуры воздуха, скорости и направления ветра в пограничном слое атмосферы. Соответственно при вертикальном распределении температуры, с увеличением высоты температура снижается. На каждые 1000 метров высоты температура снижается примерно на 6 градусов по Цельсию. Под инверсией температуры слой теплого воздуха лежит над холодным слоем. При вертикальных инверсиях температура повышается вместе с высотой.

Категории загрязняющих веществ на живые организмы, которые принято делить на 3 группы опасности:

1 Группа опасности – Вещества, возникающие при работе атомных электростанций, аварий на них, испытания ядерного оружия в атмосфере. Наиболее опасные: плутоний- 239, цезий-134 и 137, стронций 90.

2 группа опасности – концентрированные выбросы газообразных, которые образуют в атмосфере густой ядовитый туман – смог, концентрация которых превышает в несколько раз предельно допустимую концентрацию (ПДК). Вызывают респираторное заболевание сердечно-сосудистой системы, а также и других органов.

3 группа опасности – повышенная температура в городах на 2,1-3,2°C по сравнению с окружающей местностью. Приводит к тепловому загрязнению атмосферы, изменению температуры и циркуляции воздуха.

Метеорологические условия играют большую роль в загрязнении атмосферного воздуха:

1. Ветер существенно влияет на рассеивание примесей. При скорости свыше 4 м/с турбулентность возрастает, и загрязнители рассеиваются в два-три раза быстрее.

Если же потоки слабы, взвешенные частицы удерживаются в приземном слое дольше и концентрация растёт. Направление и скорость определяют, куда уйдут выбросы и какой окажется их концентрация. Если направление ветра движется к жилым кварталам или другим чувствительным зонам, в этих точках фиксируется рост вредных веществ, что ухудшает состояние здоровья людей и экосистемы.

Перенос может происходить на десятки и сотни километров, поэтому последствия ощущаются далеко за пределами района-источника. При этом сильный ветер способен выполнять «уборочную» функцию: ускоренная турбулентная диффузия снижает локальные уровни загрязнения, размывая облако примесей и перенося его вниз по течению.

2. Терморезим определяет скорость химических реакций, формирующих вторичные загрязнители. При высокой температуре процессы окисления и фотохимического синтеза идут быстрее, что усиливает выработку озона и других токсичных соединений; особенно это заметно в жаркие, ясные дни. Влажность влияет на пути осаждения примесей: насыщенный водяным паром воздух ускоряет коагуляцию аэрозолей и их выпадение из атмосферы, тем

самым понижая концентрацию. Однако при большом содержании влаги чаще образуются туман и дымка, внутри которых загрязнения задерживаются дольше обычного.

3. Дождь и снег часто снижают уровень загрязнённости благодаря «вымывающему» эффекту: капли и снежинки захватывают аэрозоли, газы и растворяют их, унося на поверхность. При этом возможны побочные явления. В каплях дождя растворяются диоксиды серы и азота, что приводит к формированию кислотных выпадений, опасных для почвы и водоёмов. Кроме того, с ливнем или метелью пыль может подниматься вновь, временно увеличивая содержание твёрдых частиц сразу после прохода фронта.
4. Колебания давления отражаются на вертикальных движениях воздуха. При антициклоне (высокое давление) масса воздуха становится более устойчивой и менее склонной к поднятию; вертикальное смешивание ослабевает, а загрязнители аккумулируются в приземном слое. Циклональные условия усиливают конвекцию и способствуют рассеиванию примесей по толщине тропосферы, благодаря чему содержание вредных веществ у земли обычно уменьшается.
5. Формы местности задают траекторию потоков и могут как задерживать, так и облегчать рассеивание загрязнений. Долины и котловины способствуют образованию температурных инверсий, удерживающих примеси вблизи поверхности. Напротив, горные перевалы, крутые склоны и холмы усиливают турбулентность: ветер, огибая препятствия, перемешивает воздушные массы и снижает концентрацию вредных веществ на подветренной стороне.

2.2 Нормативы загрязнения атмосферного воздуха

Одной из особенностей нормирования качества атмосферного воздуха является то, что влияние загрязняющих веществ на здоровье населения зависит не только от их концентрации, но и от времени, в течение которого люди

дышат этим воздухом. Поэтому в Российской Федерации, как и в других странах, для загрязняющих веществ обычно установлены два вида нормативов:

- Норматив, рассчитанный на короткий период воздействия загрязняющих веществ. Данный норматив называется «предельно допустимые максимально – разовые концентрации».
- Норматив, рассчитанный на более продолжительный период воздействия (8 часов, сутки, по некоторым веществам год). В Российской Федерации данный норматив устанавливается на 24 часа и называется «предельно допустимые среднесуточные концентрации».

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это такое содержание вещества в воздухе, которое при непрерывном воздействии не вызывает острых и хронических заболеваний. Величины ПДК, а также предельно-допустимая концентрация разовая и среднесуточная приводятся в СанПиН 2.1.6.695-98. Стоит [СанПиН 2.1.6.695-98]. ПДК_{МР} – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³. Эта концентрация при вдыхании в течение 20–30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{СС} – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м³, эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании [8].

Таблица 2.2.1 Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в
РФ [10]

№	Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
1.	Оксид углерода	4	5	3
2.	Диоксид азота	2	0,2	0,04
3.	Оксид азота	3	0,4	0,06
4.	Диоксид серы	3	0,5	0,05
5.	Аммиак	4	0,2	0,04
6.	Озон	1	0,16	0,03
7.	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15

Класс опасности – показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Вещества делятся на следующие классы опасности:

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

2.3 Автоматические станции г. Санкт-Петербурга

Автоматизированная система мониторинга атмосферы была создана по инициативе Администрации Санкт-Петербурга в 1996 году на основании технического задания «Автоматизированная система контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга». До 2006 года она официально носила название «Система УКВ».

После запуска в 1996 году сеть постепенно модернизировалась и расширялась. Если в начале 1999 года действовали лишь четыре

специализированные станции, то благодаря непрерывному развитию к сегодняшнему дню их число увеличилось до двадцати пяти, — современная сеть АСКЗА, покрывающая всю территорию города.

АСМ-АВ представляет собой комплекс, предназначенный для круглосуточного наблюдения и регулирования качества атмосферного воздуха. Каждая станция оборудована датчиками и анализаторами, способными автоматически фиксировать содержание загрязняющих компонентов каждые 20 минут. Собранные данные по каналам связи передаются на удалённый сервер, где обрабатываются для оценки экологической обстановки, станции оборудованы датчиками, позволяющими контролировать уровень радиационного излучения. Собранные сведения передаются в единый центр, откуда их распределяют по государственным ведомствам, экологическим организациям и специализированным службам, отвечающим за защиту окружающей среды.

Сегодня сеть включает 25 АСКЗА, стратегически размещённых во всех 18 административных районах Санкт-Петербурга; их расположение отражено на снимке 2.3.1.

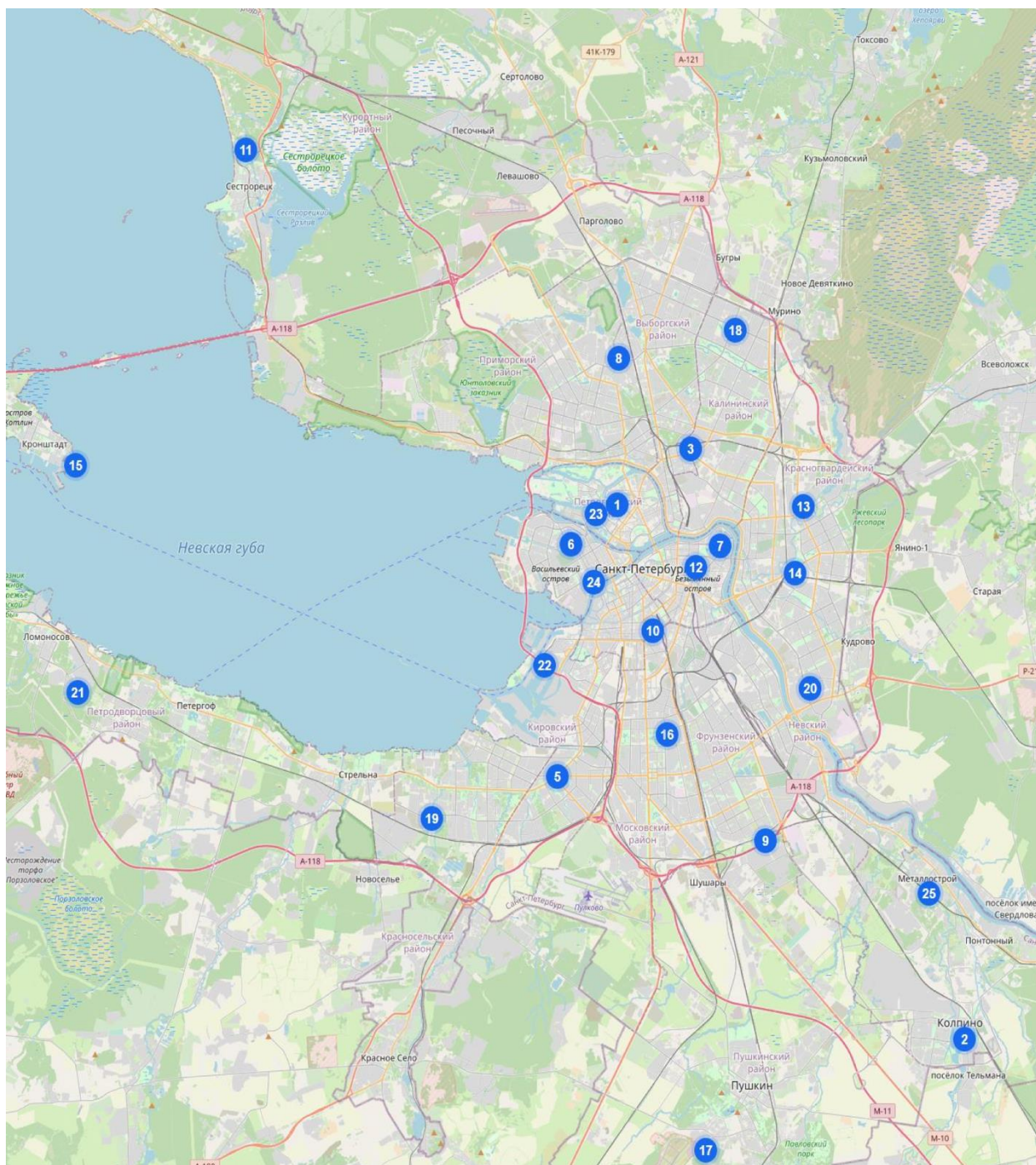


Рисунок 2.3.1

Адреса расположения автоматических станций мониторинга
загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург:

№9 Малая Балканская улица дом 54;
№22 Канонерский остров, дом 21, строение 1;

Данные по станциям представлены в приложении. Приведён по данным
ecopass.spb.ru (на 01.06.2025) [9].

3 Анализ метеорологических и данных о загрязнении воздуха

Оценка степени загрязнения атмосферы в г. Санкт-Петербурге по данным станций Кировского и Фрунзенского района, расположенных по адресу Канонерский остров, дом 21, строение 1 (станции АСМ-АВ №22) и Малая Балканская ул., дом 54 (станции АСМ-АВ №9), соответственно.

Станция №9 находится в фрунзенском районе, где находится много предприятий и заводов, так же вблизи находится КАД, и на юго-западе аэропорт Пулково.

Станция №22, расположенная на канонерском острове так же, находится вблизи КАДа, рядом находится промышленный порт, где при разгрузке рассыпчатых и не только материалов часть из них может образовывать пыльное облако.

Важно, что каждая автоматическая станция даёт индивидуальный набор значений концентраций загрязняющих веществ, так как на них установлены датчики для измерения концентрации конкретных загрязняющих веществ. Некоторые станции, помимо значений концентрации загрязняющих веществ, предоставляют данные и о значениях метеопараметров: температуры, давления, скорости и направления ветра. Данные о концентрациях загрязняющих веществ выражены в единицах среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДК_{СС}). Метеоданные берутся из архива сайта о расписании погоды. [<https://public.mon.ecopass.adc.spb.ru>]. Работа основана на статистическом анализе данных зондирования атмосферы, полученных на аэрологической станции Воейково в Ленинградской области. Станция Воейково расположена менее чем в 10 км от г. Санкт-Петербурга, значения температурного профиля с этой станции можно считать однородными и для города. Исследуемый массив наблюдений охватывает период 3-х месяцев данных за сентябрь, октябрь и ноябрь 2024 года, с 1 по 30/31 число. Зондирование проводилось ежедневно в сроки 04.00 и 16.00 по московскому времени (00z и 12z UTC).

3.1 Анализ среднемесячных значений концентрации загрязняющих веществ.

Далее представлены графики сравнения значений среднесуточных загрязнений таких веществ, как CO, NO₂, PM₁₀ за весенний период 2024 года на станции №22 (канонерский остров 21)

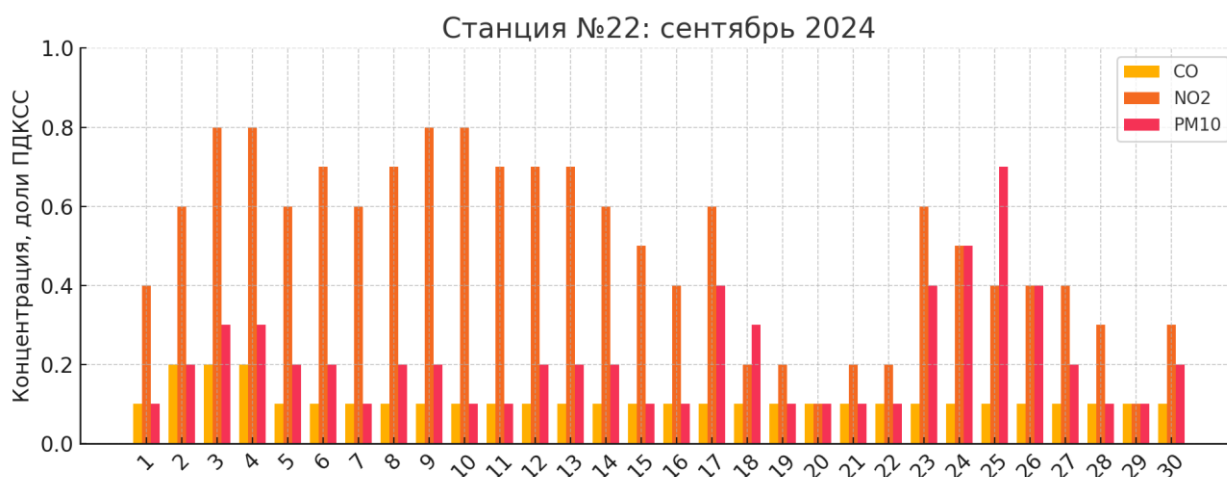


Рисунок 3.1.1 – Концентрации загрязняющих веществ в сентябре 2024 на станции №22

В сентябре концентрации загрязняющих веществ CO изменялись в малых долях, PM₁₀ превысил значение 0,4 всего дважды, в основном 24 и 25 числа. NO₂ изменялась от 0,1 до 0,8 ПДК_{сс}. Максимальные концентрации наблюдались в начале и в середине.

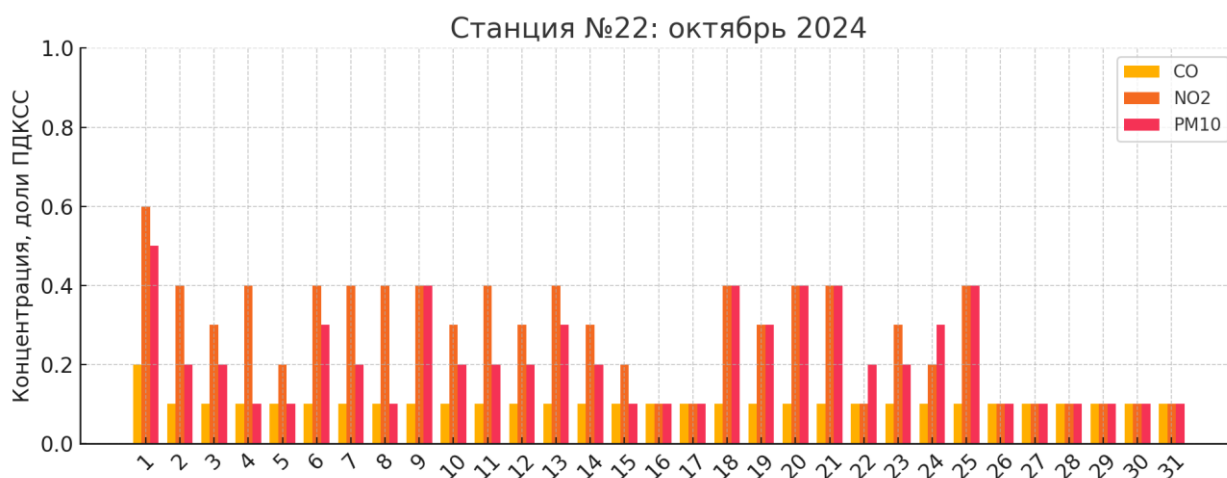


Рисунок 3.1.2 – Концентрация загрязняющих веществ в октябре 2024 на станции №22

В октябре концентрации загрязняющих веществ СО изменялись в малых долях, РМ10 находился в диапазоне 0,1-0,45 и один раз был 0,5. NO₂ изменялась от 0,1 до 0,6 ПДК_{сс}. Максимумы отмечались в начальном периоде.

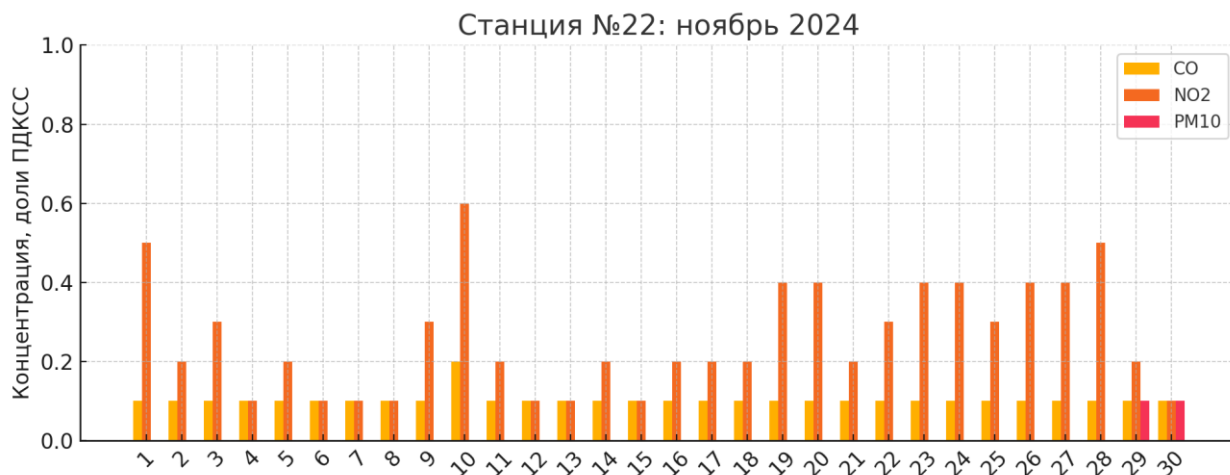


Рисунок 3.1.3 – Концентрация загрязняющих веществ в ноябре 2024 на станции №22

В ноябре концентрации загрязняющих веществ СО оставалась неизменной, кроме 1 дня (10 ноября), станция не производила измерений кроме последних двух дней. NO₂ изменялась от 0,1 до 0,6 ПДК_{сс}. Максимальные концентрации наблюдались в начале, середине и конце.

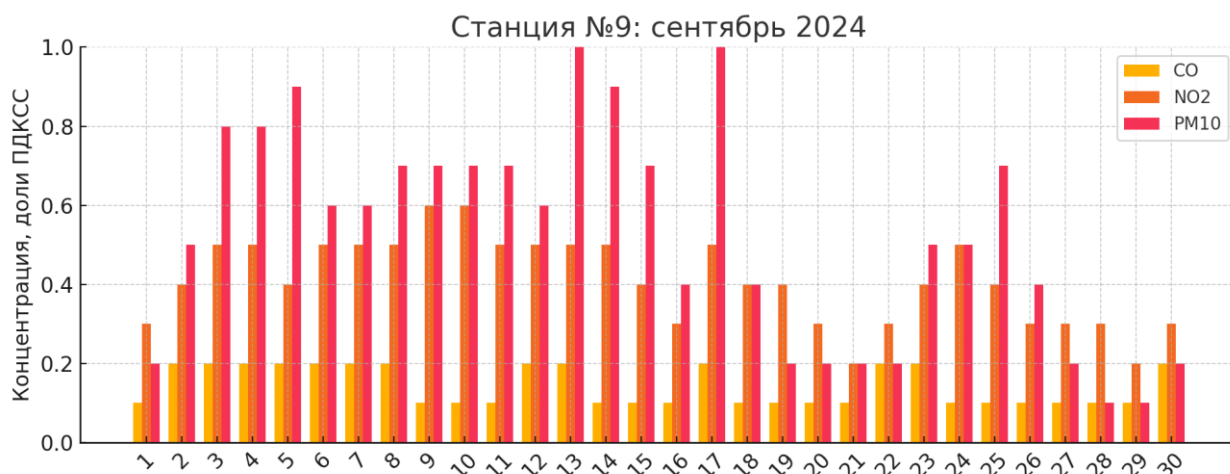


Рисунок 3.1.4 – Концентрация загрязняющих веществ в сентябре 2024 на станции №9

В сентябре концентрации загрязняющих веществ СО изменялись в малых долях и не превышали 0,2, РМ10 достиг максимального значения 1,2 13 ноября, а так же была большая концентрация в первой и средней части месяца. NO2 изменялась от 0,1 до 0,6 ПДК_{сс}. Максимальные концентрации наблюдались в начале и в середине.



Рисунок 3.1.5 – Концентрация загрязняющих веществ в октябре 2024 на станции №9

В октябре концентрации загрязняющих веществ СО не превышала 0,2, РМ10 находился в диапазоне от 0,1 до 0,5. NO2 изменялась от 0,1 до 0,51 ПДК_{сс}. Максимальные концентрации наблюдались в целый месяц.

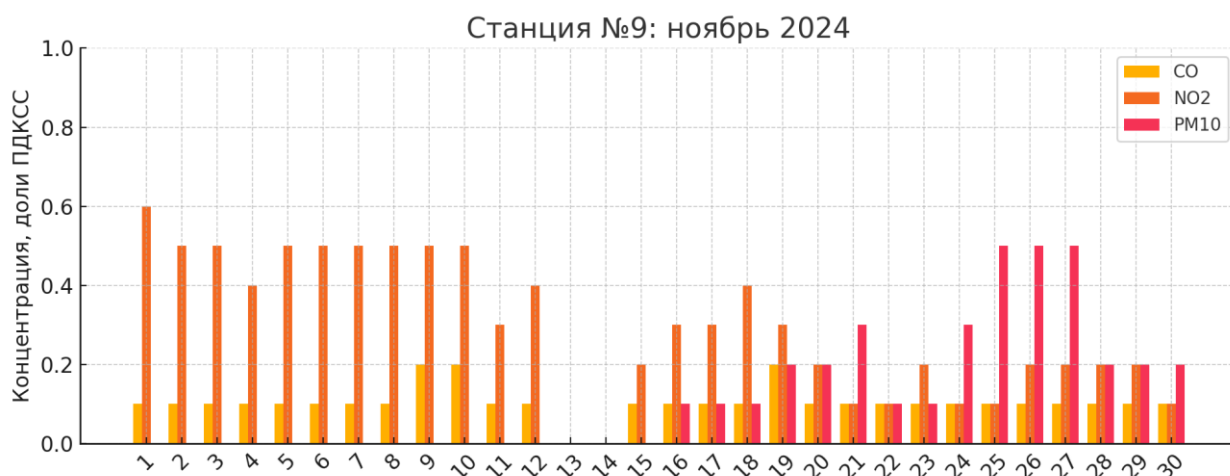


Рисунок 3.1.6 – Концентрация загрязняющих веществ в ноябре 2024 на станции №9

В ноябре концентрации загрязняющих веществ С не превышала 0,2, станция не производила измерений PM10 до середины месяца (данные отсутствуют) с 24 числа можно увидеть большой рост до 0,5. NO₂ изменялась от 0,1 до 0,6 ПДК_{сс}. Максимальные концентрации наблюдались в начале, и частично середине. Максимальные в конце только у PM10.

Из анализов рисунков очевидно, что в течении трех месяцев загрязняющих веществ выше на станции №9, чем на №22.

3.2 Анализ приземных инверсий

Разница высот верхней и нижней границ инверсии определяет ее мощность. Средняя мощность приземных инверсий составляет значение 300 м, увеличиваясь в осеннее и зимнее время при «слиянии» инверсий оседания с радиационными приземными инверсиями

Количественные характеристики инверсий

Рассмотрим графики 1-9 инверсий



График 1. График мощности инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 1-30 сентября 2024 г.

Можно заметить, что в сентябре 2024 количество ночных инверсий преобладает над дневными. Максимальная по мощности инверсия была 15 сентября и достигала 460м



График 2. мощности инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 01–30 сентября 2024 г.

На графике 2, виден сильный отрыв не только в градусах дневных от ночных инверсий, но и в количестве. Дневных инверсий несколько раз меньше.



График 3. высоты нижней границы инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00
в интервале 1-30 сентября

На графике 3 заметно, что днем в основном были высотные инверсии и достигали они 1655 в максимуме, максимум ночных – 400 м.



График 4. Мощность инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале
01–31 октября 2024 г.

В октябре 2024 количество ночных инверсий увеличилось, но все еще не равно дневным. Максимальная по мощности ночная инверсия была 13 октября и достигала 619 м, ночная 537 м.



График 5. Интенсивность инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 01–31 октября 2024 г.

Интенсивность колеблется от 2 до 8,7 °C почти каждую вторую ночь, максимальное значение достигло 9 °C 17 октября.



График 6. Высота нижней границы за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 01–31 октября 2024 г.

Высотные инверсии 7-8, 23 октября максимальные за месяц, доминирование ночных радиационных инверсий с редкими, но сильными высотными адвективными слоями.



График 7. Мощность инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 01–30 ноября 2024 г.

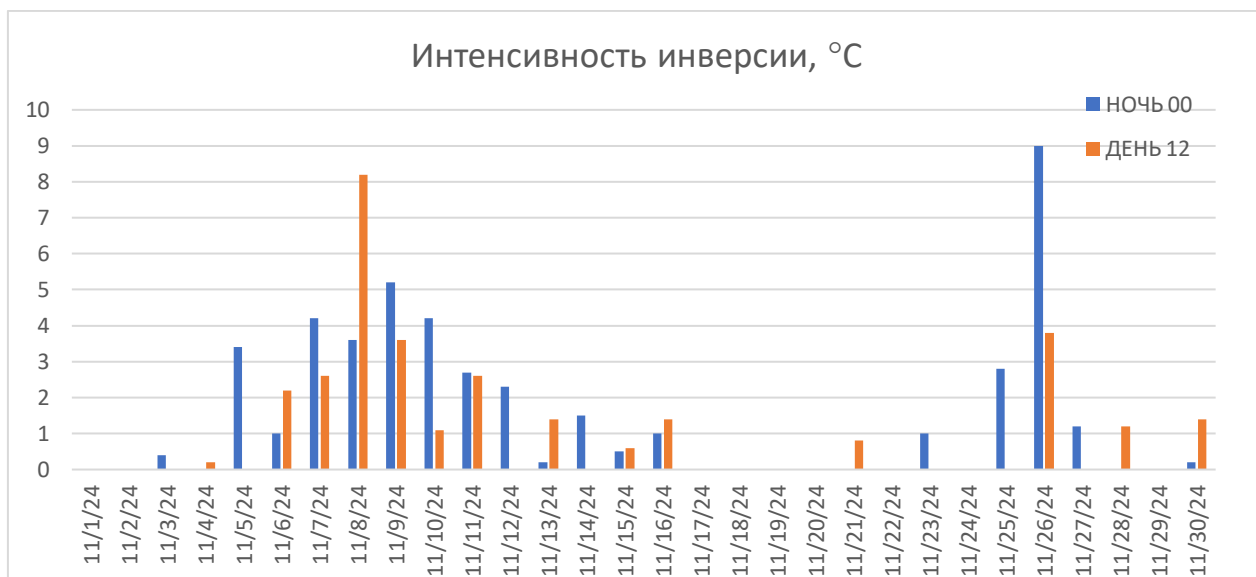


График 8. Интенсивности инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 01–30 ноября 2024 г.



График 9. График высоты нижней границы инверсии за сроки наблюдения 00:00 и 12:00 в интервале 1-30 ноября

Рассмотрев графики 7-9, можно сказать, что с 7 по 12 ноября ночная мощность растет с 400 до 800, дневная до 600. В такие периоды риск превышения ПДК приходится на утренние и вечерние часы, днём воздух частично очищается, но горизонтальное рассеивание слабое.

Проанализировав графики 1-9, можно заметить, что с Сентября месяца по октябрь инверсии были почти каждый день в течение месяца, к ноябрю количество инверсий сократилось, высота нижней границы снизилась, следовательно приземные инверсии более активны в начале весеннего периода, когда погода еще не сильно холодная как в конце ноября. составим таблицы по месяцам со сборкой данных

Месяц	Недел я	Перио д	Кол-во инверси й	Приземные/ Высотные	Макс/ Средн мощность (м)	Макс интенсивност ь (°C), дата
Сентябр ь	1-я	ночны е	7	7/0	288/217	6.6, 04.09
Сентябр ь	2-я	ночны е	7	6/1	404/283	8.0, 10.09
Сентябр	3-я	ночны	6	5/1	460/255	8.6, 17.09

ь		е				
Сентябрь	4-я	ночные	4	4/0	409/299	6.4, 24.09
Месяц	Неделя	Период	Кол-во инверсий	Приземные/Высотные	Макс/Средн мощность (м)	Макс интенсивность (°C), дата
Октябрь	1-я	ночные	6	3/3	531/276	4.8, 05.10
Октябрь	2-я	ночные	5	2/3	371/187	8.9, 10.10
Октябрь	3-я	ночные	4	4/0	537/399	11.6, 20.10
Октябрь	4-я	ночные	7	3/4	513/229	5.2, 26.10

Месяц	Неделя	Период	Кол-во инверсий	Приземные/Высотные	Макс/Средн мощность (м)	Макс интенсивность (°C), дата
Ноябрь	1-я	ночные	4	3/1	222/158	4.2, 07.11
Ноябрь	2-я	ночные	7	3/4	797/362	5.2, 09.11
Ноябрь	3-я	ночные	2	1/1	321/304	-0.5, 15.11
Ноябрь	4-я	ночные	4	1/3	1026/470	9.0, 26.11

Месяц	Неделя	Период	Кол-во инверсий	Приземные/Высотные	Макс/Средн мощность (м)	Макс интенсивность (°C), дата
Сентябрь	1-я	дневные	3	0/3	343/193	1,6. 06.09
Сентябрь	2-я	дневные	3	0/3	1655/925	2. 09.09

Сентябрь	3-я	дневные	3	0/3	1083/699	6,2. 16.09
Сентябрь	4-я	дневные	5	0/5	1471/1164	1,8. 23.09

Месяц	Неделя	Период	Кол-во инверсий	Приземные/ Высотные	Макс/Средн мощность (м)	Макс интенсивность (°C), дата
Октябрь	1-я	дневные	2	0/2	1682/1234	1,8. 5.10
Октябрь	2-я	дневные	6	0/6	1465/757	6. 10.10
Октябрь	3-я	дневные	7	0/7	1431/754	4,2. 21.10
Октябрь	4-я	дневные	5	0/5	1292/932	1,5.24.10

Месяц	Неделя	Период	Кол-во инверсий	Приземные/ Высотные	Макс/Средн мощность (м)	Макс интенсивность (°C), дата
Ноябрь	1-я	дневные	4	0/3	2504/879	2,6. 7.11
Ноябрь	2-я	дневные	6	2/4	1014/526	8,2. 8.11
Ноябрь	3-я	дневные	2	0/2	1068/896	1,4. 16.11
Ноябрь	4-я	дневные	2	0/2	1811/1159	3,8. 26.11

Составим корреляционную матрицу объединив данные по инверсиям и загрязненному воздуху. Корреляционная матрица отражает взаимосвязи между двумя группами переменных: приземными концентрациями загрязняющих веществ (CO и NO₂) и пятью характеристиками ночной температурной инверсии (высота её нижней границы — НГ, мощность ΔН, температура на уровне НГ, интенсивность ΔТ и усреднённый температурный градиент).

	CO	NO ₂	Высота НГ	Мощность	Температура НГ	Интенсивность	Градиент
CO	1.0						
NO ₂	0.33	1.0					

Высота НГ	- 0.11	- 0.34	1.0				
Мощность	0.06	0.05	0.08	1.0			
Температура НГ	- 0.12	- 0.02	0.06	-0.57	1.0		
Интенсивность	0.03	0.33	-0.48	-0.01	0.06	1.0	
Градиент	- 0.04	- 0.06	-0.32	-0.17	0.01	0.48	1.0

Итак, связь СО и NO₂ умеренно положительная ($r = 0,33$). Это указывает на частичную общность источников (транспорт, портовая техника) и, главное, на их одинаковую восприимчивость к условиям дисперсии: при неблагоприятной метеоситуации оба газа накапливаются одновременно. Увеличение толщины слоя не ведет к росту загрязнения, но вот высота нижней границы как раз критично влияет т.к. определяет объем воздуха доступный для разбавления выбросов. Интенсивность ΔT демонстрирует два ключевых коэффициента: сильный отрицательный $r = -0,48$ с высотой НГ и очень высокий $r = 0,72$ с вертикальным градиентом.

Картина физически ожидаема: при более низком залегании слоя контраст температур возрастает, формируя крутой градиент. Одновременно ΔT положительно коррелирует с NO₂ ($r = 0,33$), что подчёркивает роль именно температурного «замка» в удержании газов.

Анализ матрицы подтверждает, что критическим метеорологическим триггером для повышения приземных концентраций NO₂ является опускание нижней границы инверсии, усиленное температурным контрастом, тогда как геометрическая мощность и интегральный градиент играют вспомогательную роль. Для СО даже эта пара факторов не даёт существенного отклика, что подчёркивает различие в механизмах накопления разных газовых примесей.

Заключение

Завершая трехмесячное исследование приземных инверсий температур и их влияние на качество воздуха в Санкт-Петербурге, можно сделать вывод. Обработка 122 аэрологических профилей и 184 суточных наборов концентраций показала: приземные инверсии – ключевой регулятор качества воздуха Санкт-Петербурга в холодный сезон. Превышение толщины 300 м почти вдвое увеличивает риск выхода за пределы ПДК_{сс}, а слой свыше 500 м фактически гарантирует эпизод загрязнения. У станции № 9 (Фрунзенский район) суммарный индекс загрязнения на 14,5–21 % выше, чем у портовой станции № 22, при той же геометрии слоя. Это указывает на вклад транспортного узла и плотной дорожно-уличной сети. Приземные температурные инверсии функционируют как «клапан» городского дыхания: опускаясь ближе к поверхности, они перекрывают вертикальную вентиляцию, а поднимаясь, открывают путь рассеиванию. Критично не то, насколько толст «стеклянный потолок», а то, на какой высоте он начинается. Именно поэтому все эпизоды превышения ПДК_{сс} в осеннем сезоне совпали с $H \leq 100$ м и $|\Delta T| \geq 5$ °С; любые иные комбинации параметров, даже с «космической» мощностью слоя, не приводили к столь же заметному ухудшению воздуха. Тем самым работа демонстрирует количественное доказательство общеизвестного постулата экологов: качественный скачок загрязнения — следствие сочетания пассивного метеофактора (инверсии) и активного выброса. Разобрав метеофактор до подробной «анатомии», мы получили инструмент, который позволяет городским службам заранее вычислять, когда в атмосфере станет «нехватка воздуха», и принимать меры ещё до того, как датчики зафиксируют тревожные ppm.

В процессе работы были выполнены следующие цели:

–Исследованы образования, классификации и микроструктуры приземных инверсий температуры

- исследованы, классификации и микроструктуры приземных инверсий температуры;
- Проведен анализ данных метеорологических станций, корреляции между качеством воздуха и приземных инверсий;
- Рассчитаны значения приземных инверсий
- Построены графики зависимости и их анализ
- Проанализированы все данные и сделан вывод.

Список использованной литературы

1. Наварич А. В. Инверсии температуры и их характеристики // *Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного комплекса*: сб. докл. Респ. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 2013 : в 6 ч. – Ч. 1. Секция «Дорожная климатология» / науч. рук. И. И. Леонович. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 142–146.
2. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1989. – 286 с. Степановских А.С. Экология. Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА. - 2001. – 703 с.
3. Григорьев Л. Н., Буренина Т. И. Химия окружающей среды (Атмосфера, литосфера). Учебное пособие. СПб. - 2000. – 71 с.
4. Семенченко Б. А. Физическая метеорология Учеб. для студентов вузов по направлению "Гидрометеорология" и спец. "Гидрология", "Метеорология", "Океанология" / Б.А. Семенченко. — М. : Аспект пресс, 2002. — 414с.
5. Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. — Л. : Гидрометеоиздат, 1990. — 464 с.
6. Крюкова С. В. Физические основы воздействия на атмосферные процессы : учебное пособие / Российский государственный гидрометеорологический университет. — СПб : РГГМУ, 2018. — 59 с.
7. Крюкова С. В., Симакина Т. Е. Анализ температурных инверсий в Санкт-Петербурге // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2015. — Т. 40. — С. 150 – 159.
8. Крюкова С.В. Контроль загрязнения природной среды: анализ данных загрязнения. Лабораторный практикум. — СПб.: РГГМУ, 2015. — 46 с.
9. Портал публичной экологической информации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://public.mon.ecopass.adc.spb.ru> (дата обращения: 29.06.2025).

10. Крюкова С.В., Симакина Т.Е. Анализ загрязнения воздушного бассейна. Лабораторный практикум. – СПб.:РГГМУ, 2018. – 60 с.

Приложение

Характеристики станции Воейково в срок 04:00

Дата	Высота НГ инверсии , м	Мощность инверсии, м	Интенсивность инверсии по модулю, °С	Температура НГ инверсии, °С	Вертикальный градиент температуры, °С/100 м
01.09.2024	72	278	1,6	12,4	-0,58
02.09.2024	72	197	3,4	11,2	-1,73
03.09.2024	72	237	6,4	16,2	-2,7
04.09.2024	72	288	6,6	16	-2,29
05.09.2024	72	196	5,4	15,4	-2,76
06.09.2024	72	145	6	12,4	-4,14
07.09.2024	72	178	5,2	12,8	-2,92
08.09.2024	72	205	5,8	13,6	-2,83
09.09.2024	72	256	6,2	13,4	-2,42
10.09.2024	72	235	8	13	-3,4
11.09.2024	72	379	3,3	16,6	-0,87
12.09.2024	72	404	2,2	16,8	-0,54

4					
13.09.202					
4	72	195	5,4	16,2	-2,77
14.09.202					
4	155	306	3	18,4	-0,98
15.09.202					
4	72	267	3,6	17	-1,35
16.09.202					
4	72	150	1,4	14,6	-0,93
16.09.202					
4	412	460	3,2	15,8	-0,7
17.09.202					
4	72	266	8,6	12,8	-3,23
18.09.202					
4	72	338	5,6	13,6	-1,66
19.09.202					
4	72	183	2,2	11,6	-1,2
21.09.202					
4	72	120	1,8	13,2	-1,5
22.09.202					
4	72	252	2,4	4	-0,95
23.09.202					
4	72	154	3,6	5,2	-2,34
24.09.202					
4	72	409	6,4	6,6	-1,56
25.09.202					
4	72	381	6	12	-1,57
30.09.202					
4	72	119	1	6	-0,84

02.10.202					
4	387	531	4,2	6	-0,79
03.10.202					
4	1145	282	0,6	3,4	-0,21
04.10.202					
4	842	416	0,2	2,6	-0,05
05.10.202					
4	72	127	4,8	2,2	-3,78
06.10.202					
4	72	100	2,8	5,6	-2,8
07.10.202					
4	72	201	3,4	5,2	-1,69
08.10.202					
4	1082	110	1,2	0,2	-1,09
09.10.202					
4	72	168	2,8	0,6	-1,67
10.10.202					
4	734	371	8,9	-0,1	-2,4
12.10.202					
4	1522	127	4,2	1	-3,31
13.10.202					
4	72	161	5	3,6	-3,11
17.10.202					
4	72	152	0,6	7,2	-0,39
18.10.202					
4	72	483	9,4	3,6	-1,95
19.10.202					
4	72	291	6,2	4,4	-2,13
20.10.202					
4	72	534	11,6	1,6	-2,17

4					
21.10.202					
4	72	537	7,6	3,8	-1,42
22.10.202					
4	1666	513	2	0,8	-0,39
23.10.202					
4	72	100	1,2	8,4	-1,2
24.10.202					
4	72	51	0,2	8,4	-0,39
25.10.202					
4	72	269	2,6	4,6	-0,97
26.10.202					
4	1143	337	5,2	0,2	-1,54
27.10.202					
4	1033	202	1,6	3,8	-0,79
28.10.202					
4	443	129	1,4	4,6	-1,09
30.10.202					
4	276	364	1,4	1,4	-0,38
31.10.202					
4	1391	198	1,2	-8,3	-0,61
03.11.202					
4	72	31	0,4	-0,5	-1,29
05.11.202					
4	72	222	-3,4	-4,1	1,53
06.11.202					
4	72	193	1	0	-0,52
07.11.202					
4	428	186	4,2	1,8	-2,26

08.11.202					
4	424	325	3,6	1,8	-1,11
09.11.202					
4	611	426	5,2	3,8	-1,22
10.11.202					
4	72	174	4,2	1,2	-2,41
11.11.202					
4	72	200	-2,7	-3,1	1,35
12.11.202					
4	1049	474	-2,3	-5,1	0,49
13.11.202					
4	72	135	0,2	2,2	-0,15
14.11.202					
4	1471	797	1,5	-1,6	-0,19
15.11.202					
4	72	321	-0,5	-1,3	0,16
16.11.202					
4	1303	287	-1	-1,7	0,35
23.11.202					
4	2497	242	1	-19,5	-0,41
25.11.202					
4	511	160	2,8	-3,1	-1,75
26.11.202					
4	72	1026	9	3,2	-0,88
27.11.202					
4	292	451	1,2	2,2	-0,27
30.11.202					
4	1066	335	0,2	-3,3	-0,06

Характеристики инверсий по данным станции Воейково в срок 16:00

Дата	Высота НГ инверсии, м	Мощность инверсии, м	Интенсивность инверсии по модулю, °С	Температура НГ инверсии, °С	Вертикальный градиент температуры , °С/100 м
02.09.2024	644	343	1	16,2	-0,29
06.09.2024	969	140	1,6	13,8	-1,14
07.09.2024	1494	97	1,2	9,6	-1,24
08.09.2024	1655	59	2	7,8	-3,39
11.09.2024	493	146	1,8	16,6	-1,23
13.09.2024	629	184	1,8	20	-0,98
16.09.2024	477	213	6,2	13,8	-2,91
18.09.2024	537	211	0,8	13,4	-0,38
19.09.2024	1083	310	3,8	8,8	-1,23
21.09.2024	1471	154	0,4	4,2	-0,26
22.09.2024	1112	27	0,4	1	-1,48
23.09.2024	1349	256	1,8	0,8	-0,7
24.09.2024	585	134	1	13,2	-0,75

4					
27.09.202					
4	1304	306	0,2	7,2	-0,07
01.10.202					
4	782	87	0,2	3,4	-0,23
05.10.202					
4	1686	49	-1,8	-2,9	-3,67
08.10.202					
4	472	77	2	2,8	-2,6
09.10.202					
4	735	328	5,5	-0,5	-1,68
10.10.202					
4	503	411	6	4,2	-1,46
12.10.202					
4	1015	146	1,2	1,6	-0,82
13.10.202					
4	353	619	0,8	4,4	-0,13
14.10.202					
4	1465	212	-0,7	-0,9	-0,33
15.10.202					
4	1416	131	0,4	-6,1	-0,31
16.10.202					
4	1431	365	1	-4,5	-0,27
17.10.202					
4	941	179	3,2	3	-1,79
18.10.202					
4	460	268	0,6	10,4	-0,22
19.10.202					
4	299	346	4	9,4	-1,16

20.10.202					
4	308	299	3,8	9,2	-1,27
21.10.202					
4	423	380	4,2	8,2	-1,11
22.10.202					
4	1020	397	1,2	3,2	-0,3
24.10.202					
4	1292	224	1,5	-2,5	-0,67
26.10.202					
4	889	326	0,8	3,4	-0,25
27.10.202					
4	675	132	0,2	5,2	-0,15
28.10.202					
4	784	124	0,2	3,4	-0,16
01.11.202					
4	2504	10	-0,4	-9,1	-4
04.11.202					
4	353	296	-0,2	-1,7	-0,07
06.11.202					
4	528	180	2,2	0	-1,22
07.11.202					
4	132	289	2,6	2,8	-0,9
08.11.202					
4	509	260	8,2	3	-3,15
09.11.202					
4	788	559	3,6	1,6	-0,64
10.11.202					
4	72	308	-1,1	-1,1	-0,36
11.11.202					
4	248	796	2,6	-2,9	-0,33

4					
13.11.202					
4	1014	608	1,4	-1,7	-0,23
15.11.202					
4	697	256	-0,6	-1,1	-0,23
16.11.202					
4	1068	188	1,4	2	-0,74
21.11.202					
4	923	319	0,8	-5,9	-0,25
26.11.202					
4	508	243	3,8	2	-1,56
28.11.202					
4	1811	454	1,2	-9,1	-0,26
30.11.202					
4	1104	217	1,4	-3,7	-0,65

Данные Зв со станции Кировского района

Дата	CO		NO2		пдж	pm10
	пдж	middle	пдж	MIDDLE		
1 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,1
2 сентября	3,00	0,20	0,10	0,60	0,06	0,2
3 сентября	3,00	0,20	0,10	0,80	0,06	0,3
4 сентября	3,00	0,20	0,10	0,80	0,06	0,3
5 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,2

6 сентября	3,00	0,10	0,10	0,70	0,06	0,2
7 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,1
8 сентября	3,00	0,10	0,10	0,70	0,06	0,2
9 сентября	3,00	0,10	0,10	0,80	0,06	0,2
10 сентября	3,00	0,10	0,10	0,80	0,06	0,1
11 сентября	3,00	0,10	0,10	0,70	0,06	0,1
12 сентября	3,00	0,10	0,10	0,70	0,06	0,2
13 сентября	3,00	0,10	0,10	0,70	0,06	0,2
14 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,2
15 сентября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,1
16 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,1
17 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,4
18 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,3
19 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
20	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1

сентября						
21 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
22 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
23 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,4
24 сентября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,5
25 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,7
26 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
27 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,2
28 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,1
29 сентября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
30 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2

Дата	CO		NO2		пдк	pm10
	пдк	middle	пдк	MIDDLE		
1 октября	3,00	0,2	0,1	0,6	0,06	0,5
2 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,20
3	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,20

октября						
4						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,1
5						
октября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
6						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,3
7						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,2
8						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,1
9						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
10						
октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
11						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,2
12						
октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
13						
октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,3
14						
октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
15						
октября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
16						
октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
17						
октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1

18 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
19 октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,3
20 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
21 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
22 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,2
23 октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
24 октября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,3
25 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
26 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
27 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
28 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
29 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
30 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1
31 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,1

Дата	СО		NO2		пдк	рm10
	пдк	middle	пдк	MIDDLE		
1 ноября	3,00	0,1	0,1	0,5	0,06	
2 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
3 ноября	3,00	0,1	0,10	0,3	0,06	
4 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
5 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
6 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
7 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
8 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
9 ноября	3,00	0,1	0,10	0,3	0,06	
10 ноября	3,00	0,2	0,10	0,6	0,06	
11 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
12 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
13 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
14 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
15 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	
16 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
17 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
18	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	

ноября						
19 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
20 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
21 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	
22 ноября	3,00	0,1	0,10	0,3	0,06	
23 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
24 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
25 ноября	3,00	0,1	0,10	0,3	0,06	
26 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
27 ноября	3,00	0,1	0,10	0,4	0,06	
28 ноября	3,00	0,1	0,10	0,5	0,06	
29 ноября	3,00	0,1	0,10	0,2	0,06	0,10
30 ноября	3,00	0,1	0,10	0,1	0,06	0,10

Данные со станции Фрунзенского района

Дата	CO		NO2		пдк	pm10
	пдк	middle	пдк	MIDDLE		
1 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
2 сентября	3,00	0,20	0,10	0,40	0,06	0,5
3 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,8
4 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,8
5 сентября	3,00	0,20	0,10	0,40	0,06	0,9
6 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,6
7 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,6
8 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,7
9 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,7
10 сентября	3,00	0,10	0,10	0,60	0,06	0,7
11 сентября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,7
12 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,6
13 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	1,2
14	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,9

сентября						
15 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,7
16 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,4
17 сентября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	1,1
18 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,4
19 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,2
20 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
21 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,2
22 сентября	3,00	0,20	0,10	0,30	0,06	0,2
23 сентября	3,00	0,20	0,10	0,40	0,06	0,5
24 сентября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,5
25 сентября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,7
26 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,4
27 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,2
28 сентября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,1

29 сентября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,1
30 сентября	3,00	0,20	0,10	0,30	0,06	0,2

Дата	CO		NO2		пдк	pm10
	пдк	middle	пдк	MIDDLE		
1 октября	3,00	0,2	0,1	0,4	0,06	0,5
2 октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,30
3 октября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,30
4 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,1
5 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,2
6 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,3
7 октября	3,00	0,20	0,10	0,40	0,06	0,3
8 октября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,1
9 октября					0,06	
10 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,20
11 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,30

12 октября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,30
13 октября	3,00	0,20	0,10	0,40	0,06	0,40
14 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,20
15 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,10
16 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,10
17 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,20
18 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,40
19 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,50
20 октября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,40
21 октября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	0,40
22 октября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,30
23 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,30
24 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,50
25 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,30
26	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,20

октября						
27 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,10
28 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,10
29 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,20
30 октября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,20
31 октября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	0,10

Дата	CO		NO2		пдк	pm10
	пдк	middle	пдк	MIDDLE		
1 ноября	3,00	0,10	0,1	0,6	0,06	
2 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
3 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
4 ноября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	
5 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
6 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
7 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
8 ноября	3,00	0,10	0,10	0,50	0,06	
9 ноября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	
10 ноября	3,00	0,20	0,10	0,50	0,06	
11 ноября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	
12 ноября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	

13 ноября					0,06	
14 ноября					0,06	
15 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	
16 ноября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,10
17 ноября	3,00	0,10	0,10	0,30	0,06	0,10
18 ноября	3,00	0,10	0,10	0,40	0,06	0,10
19 ноября	3,00	0,20	0,10	0,30	0,06	0,20
20 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,20
21 ноября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,30
22 ноября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,10
23 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,10
24 ноября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,30
25 ноября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,50
26 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,50
27	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,50

ноября						
28 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,20
29 ноября	3,00	0,10	0,10	0,20	0,06	0,20
30 ноября	3,00	0,10	0,10	0,10	0,06	0,20

Адреса расположения автоматических станций мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург:

№1 улица Профессора Попова дом 48;

№2 г. Колпино, плотина через Комсомольский канал, в районе улицы Колпинская

№3 дом 7 по улице Карбышева;

№5 дом 30, корпус 3 по проспекту Маршала Жукова;

№6 проспект. Кима, дом 26 литера А;

№7 улица Кирочная дом 41;

№8 улица Новосельковская дом 23;

№9 Малая Балканская улица дом 54;

№10 Московский проспект дом 19;

№11 город Зеленогорск Приморское шоссе дом 570;

№12 Манежный переулок дом 14;

№13 Индустриальный проспект дом 64;

№14 Уткин проспект дом 16;

№15 город Кронштадт улица Ильмянинова, дом 4;

№16 Московский пр., дом 139, корп. 2, литер А;

№17 г. Пушкин, Тиньков пер., дом 7;

№18 ул. Ольги Форш, дом 6;

№19 пр. Ветеранов, дом 167, к. 6/1;

№20 ул. Тельмана, дом 24;

№21 город Ломоносов, ул. Федюнинского, дом 3;

№22 Канонерский остров, дом 21, строение 1;

№23 пр. Динамо, дом 44;

№24 В.О.Средний пр., дом 74;

№25 пос. Металлострой, Железнодорожная ул., дом 13.