



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 экологической обстановки в Красногвардейском р-не
Санкт-Петербурга в зимний период»

Исполнитель **Штангей Данил Сергеевич**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических, 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)

«17» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	2
1. ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ (КРАСНОГВАРДЕЙСКИЙ РАЙОН, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)	4
1.1 Общая информация о Красногвардейском районе.	4
1.2 Транспортная инфраструктура Красногвардейского района.	5
1.3 Экологическое воздействие промышленных предприятий Красногвардейского района.	6
1.4 Факторы формирования качества городского воздуха	7
1.5 Обзор климатических особенностей с декабря 2024 года по февраль 2025. ..	9
2. КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	12
2.1 Атмосферный воздух	12
2.2 Экологический мониторинг загрязнения атмосферного воздуха	13
2.3 Загрязняющие вещества.....	14
2.4 Влияние автотранспорта на качество атмосферного воздуха.	22
3. АНАЛИЗ ДАННЫХ	26
3.1 Местонахождение станций	26
3.2 Данные со станций	28
3.3 Зависимость концентрации загрязняющих веществ от метеорологических условий	33
3.4 Рекомендации по улучшению качества воздуха	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	41
ПРИЛОЖЕНИЯ 1	43
ПРИЛОЖЕНИЯ 2.....	49

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, характеризующемся стремительным развитием промышленности и урбанизацией, проблема загрязнения атмосферного воздуха выходит на первый план среди экологических вызовов XXI века. На фоне глобальных климатических изменений и усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду вопросы обеспечения чистоты воздушного бассейна приобретают особую социальную и экономическую значимость. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 90% населения Земли дышит воздухом, не соответствующим санитарным нормам, что ежегодно приводит к миллионам преждевременных смертей.

Особую остроту эта проблема приобретает в крупных мегаполисах, где концентрация промышленных предприятий, транспортных потоков и энергетических объектов создает комплексную нагрузку на экосистемы. Российские города, особенно такие крупные как Санкт-Петербург, не являются исключением. В условиях плотной застройки, особенностей климата и специфики промышленного развития вопросы мониторинга и управления качеством атмосферного воздуха требуют особого внимания со стороны научного сообщества и органов власти.

Красногвардейский район Санкт-Петербурга представляет собой показательный пример территории, где экологические проблемы требуют комплексного изучения. Будучи одним из крупнейших промышленных и транспортных узлов города, район сочетает в себе предприятия энергетического комплекса, крупные автомагистрали и жилые кварталы. Зимний период вносит дополнительные факторы риска: температурные инверсии, увеличивающие концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы; повышенные выбросы от объектов теплоэнергетики; специфические условия

рассеивания вредных примесей в условиях низких температур и устойчивого снежного покрова.

Актуальность данного исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, необходимостью постоянного мониторинга экологической ситуации в быстро развивающихся городских районах. Во-вторых, важностью учета сезонных особенностей загрязнения атмосферы. В-третьих, потребностью в научно обоснованных рекомендациях для принятия управленческих решений в сфере экологической политики.

Научная новизна исследования заключается в комплексном подходе, сочетающем анализ современных данных экологического мониторинга с оценкой влияния метеорологических факторов в специфических условиях зимнего периода

Цель работы:

Оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха в Красногвардейском районе зимой 2024–2025 гг. и выявить его связь с метеорологическими условиями.

Задачи:

1. Создать архив данных концентраций PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, CO на двух точках района.
2. Анализ полученных данных по загрязнению атмосферы
3. Исследовать влияние температуры, ветра и осадков на рассеивание загрязнений.
4. Разработать практические рекомендации для улучшения экологической обстановки.

1. ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ (КРАСНОГВАРДЕЙСКИЙ РАЙОН, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

1.1 Общая информация о Красногвардейском районе.

Красногвардейском район — это один из 18 районов города Санкт-Петербурга. Он расположился в северо-восточной части города, на правом берегу реки Невы (рисунок 1).



Рисунок 1 – карта Красногвардейского района [1]

Площадь Красногвардейского района составляет 56,83 кв. км, что в свою очередь приблизительно составляет 4% от всей площади Санкт-Петербурга (1439 кв. км). Население района на 2024 год составляло 366 971 человек.

Протяжённость Красногвардейского района Санкт-Петербурга с севера на юг составляет около 15 км, и с запада на восток примерно 8 км соответственно. В районе с севера на юг пересекает река Охта с её основными притоками: река Оккервиль, река Лубья и Чёрная речка.

Район расположен на северо-востоке Санкт-Петербурга и граничит с такими районами как: Калининский, Невский, Центральный, а также с Всеволожским районом Ленинградской области.

В районе расположено более 292 организаций влияющих на качество воздуха, в том числе 85 более значимых загрязнителей атмосферы.

1.2 Транспортная инфраструктура Красногвардейского района.

Красногвардейский район, занимая важное периферийное положение в городской структуре, отличается развитой транспортной сетью. Его географическое расположение на выезде из Санкт-Петербурга обусловило концентрацию значимых транспортных артерий, связывающих центр города с пригородными территориями.

Особое значение в транспортной системе района имеет железнодорожное сообщение. С 2003 года здесь функционирует важный транспортный узел - Ладужский вокзал. Преимущественно используемый для грузовых перевозок, он также обслуживает пассажирские направления через пять платформ пригородного сообщения: "Ладужский вокзал (Дача Долгорукова)", "Ручьи", "Ржевка", "Заневский пост" и "пост Ковалево".

Район обладает развитой сетью городского транспорта, включающей:

- 2 станции метрополитена ("Новочеркасская" и "Ладужская")
- 9 трамвайных маршрутов.

- 7 троллейбусных направлений.
- 36 городских автобусных маршрута.
- 31 коммерческих (частных) автобусных маршрута.

Автомобильная инфраструктура представлена несколькими важнейшими магистралями:

- Север-юг: проспект Энергетиков, Малоохтинский, Новочеркасский, Пискаревский и Полюстровский проспекты.
- Запад-восток: Заневский проспект (переходящий в Невский проспект), а также Пороховская улица, продолжающаяся как Ириновский проспект и Рябовское шоссе.

Такая разветвленная транспортная система обеспечивает связность района с другими частями города и пригородами, одновременно создавая значительную нагрузку на экологическую обстановку.

1.3 Экологическое воздействие промышленных предприятий Красногвардейского района.

Красногвардейский район Санкт-Петербурга обладает значительной промышленной инфраструктурой, которая оказывает комплексное влияние на экологическую ситуацию территории. На 292 промышленных предприятиях района, включая 85 крупных объектов, сосредоточены основные источники антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Основные источники экологического воздействия:

Предприятия-загрязнители атмосферного воздуха:

- "Охтинский химический завод" (выбросы летучих органических соединений)
- "Пигмент" (эмиссии оксидов азота и серы)

- "Пластполимер" (выделение стирола и формальдегида)
- "Краснознаменец" (пороховое производство с выбросами взвешенных частиц)

Воздушный бассейн:

- Комбинация выбросов от "Русских самоцветов" (тяжелые металлы) и "Электроприбора" (газообразные загрязнители) создает эффект комбинированного воздействия

- ТЭЦ-5 и "Завод железобетонных изделий № 6" - основные источники PM_{2.5} и PM₁₀

Водопользователи и источники гидрозагрязнения:

- ОАО "Новая эра" (сбросы производственных вод в Охту)
- "СПб молочный завод «Пискаревский» (органическое загрязнение сточных вод)
- ООО "Невский трест" (проблемы утилизации отходов мясопереработки)

Источники почвенного загрязнения:

- "Завод слоистых пластиков" (накопление отходов полимеров)
- "Полимерстройматериалы" (загрязнение тяжелыми металлами)
- ЗАО "Чок энд Роллс" (нефтепродукты в почвах)

1.4 Факторы формирования качества городского воздуха

Уровень загрязнения атмосферы в урбанизированной среде определяется комплексом взаимосвязанных параметров, включающих не только объем поступающих загрязнений, но и их физико-химические свойства. Характеристики воздушной среды формируются под воздействием множества природных и антропогенных факторов, среди которых особое значение имеют:

Природно-климатические условия:

- Особенности местного климата
- Показатели влажности и прозрачности атмосферы
- Кислородный режим (парциальное давление O_2)
- Температурные колебания

Географические особенности:

- Близость акватории Финского залива
- Преобладающие ветровые режимы
- Рельеф местности

Качество атмосферного воздуха представляет собой критически важный параметр городской среды, непосредственно влияющий на здоровье населения и устойчивость экосистем. Как основной компонент жизнеобеспечения, воздушная среда требует особого внимания при оценке антропогенной нагрузки.

Специфика

Санкт-Петербурга:

Благодаря уникальному географическому положению и морскому климату, город обладает относительно благоприятными условиями для естественного рассеивания загрязняющих веществ. Однако северные промышленные районы, включая Красногвардейский, демонстрируют устойчивую экологическую напряженность, обусловленную:

- Концентрацией промышленных предприятий
- Интенсивным автотранспортным потоком
- Выбросами продуктов сгорания угля
- Эмиссией металлургических производств

Особую проблему представляют твердые частицы золы, образующиеся при переработке промышленных отходов и сжигании топлива, которые становятся постоянным компонентом городского воздуха в зонах промышленной застройки.

Ветровой режим:

По данным годовых наблюдений для Санкт-Петербурга установлено преобладание ветров юго-западного (31,1%) и западного (24%) направлений. Такой ветровой режим оказывает существенное влияние на экологическую обстановку в городе.

В таблице 1 приведены данные повторяемости ветров за время наблюдений:

Таблица 1 – Данные повторяемости ветров

Направление ветра	Направление в градусах	Количество дней	Повторяемость (%)
Юго-западное	225	28	31.1%
Западное	270	22	24.4%
Юго-восточное	135	15	16.7%
Северо-западное	315	12	13.3%
Северное	0	5	5.6%
Восточное	90	8	8.9%

1.5 Обзор климатических особенностей с декабря 2024 года по февраль 2025.

Декабрь 2024 года в Санкт-Петербурге отличался резкими колебаниями погоды, вызванными сменой циркуляционных процессов. В начале месяца преобладал зональный перенос с чередованием циклонов и антициклонов. Циклон принес аномальное потепление до +6°C (на 7-8° выше нормы), сменившееся похолоданием до -8°C при антициклоне.

Середина месяца ознаменовалась переходом к меридиональной циркуляции. Глубокий циклон (970 гПа) вызвал сильные снегопады (22 мм за 3

дня) и похолодание до -15°C . Аномальный циклон привел к ледяному дождю 23 декабря, вызвавшему серьезные проблемы в городе.

Конец месяца прошел под влиянием Сибирского антициклона с устойчивыми морозами ($-8...-10^{\circ}\text{C}$) и штилями, способствовавшими накоплению загрязнений. Среднемесячная температура составила -3.1°C ($+1.3^{\circ}$ к норме), осадков выпало 100 мм (125% нормы).

Месяц показал характерные черты изменения климата: рекордные перепады температур (21°C от -15°C до $+6^{\circ}\text{C}$), учащение экстремальных явлений и быструю смену циркуляционных режимов.

Январь 2025 года в Санкт-Петербурге отличался сложной и изменчивой погодой, обусловленной активной циклонической деятельностью. В начале месяца циклон (985 гПа) принес аномальное потепление до $+2,5^{\circ}\text{C}$ 18 января, что на $6-7^{\circ}$ превышало климатическую норму. Однако уже на следующий день с приходом антициклона (1030 гПа) температура резко упала до $-11,5^{\circ}\text{C}$.

Середина месяца прошла под влиянием глубокого циклона (975 гПа), который вызвал интенсивные снегопады до 17 мм осадков 12 января. Особенно сложная ситуация сложилась 27 января, когда циклон принес ледяной дождь, создавший серьезные проблемы для городского хозяйства. В последнюю неделю месяца погоду определял Скандинавский антициклон с устойчивыми морозами ($-5...-7^{\circ}\text{C}$) и штилями.

Завершающая неделя января прошла под влиянием Скандинавского антициклона с устойчивой морозной погодой ($-5...-7^{\circ}\text{C}$ ночью) и штилевыми условиями, что способствовало накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Среднемесячные показатели составили: температура $-4,0^{\circ}\text{C}$ (на $0,5^{\circ}$ выше нормы), осадки 65 мм (130% от нормы). Характерные для современного климата резкие температурные перепады (до 14°C за 2-3 дня) и

экстремальные осадки требуют совершенствования городской инфраструктуры для адаптации к новым погодным условиям.

Февраль 2025 года в Санкт-Петербурге характеризовался выраженной изменчивостью погодных условий с чередованием экстремальных морозов и аномальных оттепелей.

В начале месяца циклон (980 гПа) принес обильные снегопады до 22 мм осадков 1-3 февраля с временным потеплением до -1°C . Уже 4 февраля антициклон (1040 гПа) установил морозную погоду с ночными температурами до -15°C .

Середина февраля отметилась контрастными явлениями. Сначала мощный циклон (965 гПа) 7-9 февраля вызвал рекордные осадки (34 мм за трое суток), включая ледяной дождь при аномальном потеплении до $+1^{\circ}\text{C}$. Затем с 14 февраля установился устойчивый антициклон с морозами до -12°C ночью и штилевой погодой, что привело к накоплению вредных примесей в воздухе.

Конец месяца прошел под влиянием активной циклонической деятельности. Циклон (970 гПа) 22-24 февраля принес метели с ветром до 15 м/с и резким похолоданием от -3°C до -18°C за 12 часов.

Среднемесячные показатели сложились аномальными: температура $-7,2^{\circ}\text{C}$ (на $1,3^{\circ}$ ниже нормы), осадков выпало 92 мм (145% от нормы).

2. КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

2.1 Атмосферный воздух

Согласно Федеральному закону «Об охране атмосферного воздуха», атмосферный воздух представляет собой жизненно важный компонент окружающей среды, являющийся естественной смесью газов, находящейся за пределами жилых, производственных и иных помещений. Федеральный закон №195 определяет загрязняющее вещество как химическое или радиоактивное соединение, либо микроорганизмы, которые поступают в атмосферу, накапливаются или образуются в ней, и при превышении установленных нормативов концентрации оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Тот же нормативный акт трактует загрязнение атмосферного воздуха как процесс поступления или образования в нём вредных веществ в концентрациях, превышающих установленные гигиенические и экологические нормативы качества. Атмосферный воздух является материальной средой, обеспечивающей существование большинства живых организмов и определяющей качество их жизни. Его состав имеет критическое значение для биосферы, поскольку содержит кислород, необходимый для энергетического обмена аэробных организмов. Кроме того, состояние воздуха влияет на температурные и водные характеристики местообитаний, что делает его важнейшим экологическим фактором как прямого, так и опосредованного действия.

Химический состав атмосферного воздуха характеризуется относительным постоянством. Основную долю составляют азот (78,10%) и кислород (20,90%). Остаток приходится на инертные газы (аргон, криптон, неон,

гелий, ксенон), суммарно составляющие 0,94%, углекислый газ (0,03%) и водород (0,01%). Также в незначительных количествах присутствуют оксид углерода, озон, метан и другие газообразные вещества.

2.2 Экологический мониторинг загрязнения атмосферного воздуха

Информацию о концентрациях загрязняющих веществ в атмосфере, включая данные расчётного мониторинга, можно получить с помощью автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха (АСМ) Санкт-Петербурга. Эта система включает в себя сеть станций, оснащённых газоанализаторами, которые ежедневно измеряют содержание озона, диоксида серы, оксида углерода и оксидов азота в городском воздухе. Эксплуатацию станций АСМ осуществляет Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

Основными критериями оценки токсичности загрязняющих веществ служат разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные санитарно-гигиеническими нормативами. Эти нормативы регламентируются СанПиН 2.1.6.1032-01, утверждённым Минздравсоцразвития России. Для оценки качества атмосферного воздуха данные измерений, полученные на стационарных постах, сравнивают с ПДК, определёнными в гигиенических нормативах ГН 2.1.6.3492-17. Эти нормативы устанавливают допустимые уровни содержания загрязняющих веществ в воздухе как городских, так и сельских поселений.

С 1 февраля 2006 года в соответствии с РД 52.04.667-2005 (Росгидромет) для характеристики загрязнённости атмосферного воздуха применяются следующие показатели: средняя концентрация примеси (сравнивается со

среднесуточной ПДК - ПДКс.с.); стандартный индекс (СИ) - отношение наибольшей разовой концентрации вещества к его ПДК максимальной разовой (ПДКм.р.); наибольшая повторяемость превышения ПДКм.р. (НП, %) - процент случаев, когда концентрация загрязнителя превышала допустимый уровень; комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) - показатель, учитывающий вклад пяти наиболее значимых примесей в общий уровень загрязнения.

Показатели СИ и НП используются для ежемесячной оценки качества воздуха, тогда как ИЗА применяется для анализа годового уровня загрязнения. Расчёт ИЗА основывается на данных пяти примесей с наибольшими значениями парциальных индексов (при условии наличия для них установленных ПДКс.с.). На основании значений ИЗА, СИ и НП определяется степень загрязнения атмосферного воздуха, классификация которой приведена в соответствующей таблице 2.

Таблица 2 - Оценка степени загрязнения атмосферы

Градация	Степень загрязнения	Показатели		
		ИЗА	СИ	НП, %
1	Низкое	От 0 до 4	От 0 до 1	
2	Повышенное	От 5 до 6	От 2 до 4	От 1 до 19
3	Высокое	От 7 до 13	От 5 до 10	От 20 до 49
4	Очень высокое	>14	>10	>50

2.3 Загрязняющие вещества

Загрязняющим веществом считается отдельное химическое соединение или их смесь, концентрация которых превышает установленные нормативы для химических, радиоактивных веществ и микроорганизмов, оказывая при этом отрицательное влияние на окружающую среду. Среди различных видов

загрязнения окружающей среды особую опасность представляют выбросы токсичных газообразных соединений. К наиболее вредным газообразным веществам относятся хлористый водород, диоксид серы, фтористый водород, оксид углерода, сероводород, оксиды азота и другие опасные соединения.

Основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу являются промышленные предприятия, процессы сжигания отходов и выхлопные газы автотранспорта, что существенно ухудшает качество атмосферного воздуха. Среди природных источников загрязнения особое место занимают выбросы, связанные с вулканической активностью. При этом следует отметить, что доля антропогенного загрязнения составляет всего около 0,5% от общего объема загрязнений, вызванных природными явлениями, такими как пыльные бури, извержения вулканов и другие естественные процессы.

Основные экологические последствия загрязнения атмосферного воздуха проявляются в негативном воздействии газообразных соединений на живые организмы. Кроме того, химическое взаимодействие некоторых газообразных загрязнителей с атмосферной влагой приводит к образованию кислотных осадков, что представляет серьезную угрозу для экосистем.

Основные загрязняющие вещества, которые наносят больший вред атмосфере:

Диоксид серы (SO_2) представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом, образующийся в результате сжигания серосодержащего топлива и переработки сульфидных руд. Согласно исследованиям, на его долю приходится 60-70% всех случаев кислотных осадков. Это соединение оказывает выраженное негативное воздействие на здоровье человека, вызывая раздражение слизистых оболочек и кожных покровов, а также наносит значительный ущерб животному миру и растительности. Глобальные выбросы SO_2 достигают 190 миллионов тонн ежегодно, причем это вещество способно длительное время

сохраняться в атмосфере в составе тумана и влажных воздушных масс. Особую опасность представляет концентрация диоксида серы, превышающая $0,4 \text{ мг/м}^3$ – даже кратковременное воздействие такой дозы приводит к серьезным нарушениям фотосинтетической активности растений и вызывает некротические повреждения их тканей.

Сероводород (H_2S) и органические сульфиды ($\text{R}_1\text{R}_2\text{S}$) обладают резким характерным запахом, который ощущается даже при минимальных концентрациях. Эти соединения входят в состав отходящих газов сульфатно-целлюлозного производства, изготовления вязкого и искусственного шёлка, а также образуются в процессах коксования угля, нефтепереработки и переработки природного газа. Особую опасность представляет сероводород, который оказывает сильное токсическое воздействие на растительные ферменты.

Фтористые соединения (HF , SiF_4) обладают выраженной токсичностью даже при незначительных концентрациях в атмосфере. Основными источниками данных соединений выступают алюминиевые заводы, керамические и кирпичные производства, предприятия по выпуску фосфатных удобрений, а также металлургические комбинаты и угольные ТЭЦ. Особую опасность представляет фтористый водород (HF) – при превышении пороговой концентрации 10 мг/м^3 наблюдается резкое повышение чувствительности растительных организмов к этому токсиканту.

Оксиды азота ($\text{NO}(\text{X})$) представляют собой группу токсичных соединений, включающих монооксид азота (NO), диоксид азота (NO_2), триоксид азота (N_2O_3) и тетраоксид диазота (N_2O_4). Эти вещества образуются в качестве побочных продуктов при промышленном синтезе серной и азотной кислот, в процессах нитрования органических соединений и производстве азотных удобрений. Следует отметить, что интенсивность их образования напрямую коррелирует с температурой горения – чем выше температурный режим, тем больше образуется

данных соединений. Основными антропогенными источниками оксидов азота являются выхлопные газы автотранспорта. Важной экологической проблемой является участие этих соединений в формировании кислотных осадков.

Оксид азота (NO) представляет собой опасный бесцветный газ, обладающий высокой токсичностью. Его особенностью является отсутствие выраженного запаха и раздражающего действия на дыхательные пути, что затрудняет своевременное обнаружение его присутствия в воздухе. При контакте с кислородом происходит химическое превращение NO в более токсичный диоксид азота (NO_2), отличающийся характерным бурым цветом и резким запахом. Данная трансформация имеет особое экологическое значение, поскольку образующийся диоксид азота обладает значительно более выраженным негативным воздействием на живые организмы и окружающую среду в целом.

Диоксид азота (NO_2) представляет собой токсичный газ красно-бурого оттенка с резким раздражающим запахом. Основными источниками его образования выступают процессы сгорания топлива в двигателях автомобилей, работа тепловых электростанций и выбросы промышленных предприятий. Особую опасность NO_2 представляет благодаря своему свойству притуплять обонятельную чувствительность и ухудшать зрительное восприятие, что значительно затрудняет своевременное обнаружение его повышенных концентраций в воздухе. Данное соединение относится к веществам второго класса опасности, оказывая раздражающее действие на дыхательные пути и способствуя развитию различных патологий дыхательной системы при длительном воздействии.

Хлор (Cl) и хлористый водород (HCl) активно применяются в производстве пластмассовых материалов. При термической обработке и сжигании сырья, содержащего хлор, образуются различные хлорсодержащие соединения.

Образующиеся пары, содержащие данные вещества, обладают высокой плотностью и быстро осаждаются в приземном слое атмосферы, что приводит к значительному негативному воздействию на биотические компоненты экосистем в непосредственной близости от источников загрязнения.

Выхлопные газы автомобилей содержат опасные вещества: оксиды азота ($\text{NO}(x)$), угарный газ (CO), сажу, соединения свинца, углеводороды и их производные (ПАН, озон). Состав выбросов зависит от типа двигателя и топлива. Наибольшая концентрация наблюдается возле крупных дорог, где уровень загрязнения часто превышает допустимые нормы. В городах на автотранспорт может приходиться до 90% всех вредных выбросов. Особую опасность представляют вторичные продукты реакций этих веществ в атмосфере, обладающие токсичным и канцерогенным действием.

Оксид углерода (CO) – бесцветный ядовитый газ без запаха, известный как угарный газ. Образуется при неполном сгорании топлива (угля, газа, нефтепродуктов) при дефиците кислорода и низких температурах горения. Основные бытовые источники – неисправные газовые приборы (плиты, колонки). Несмотря на 4 класс опасности, CO чрезвычайно токсичен даже в минимальных концентрациях. Его коварство в том, что он не имеет предупреждающих признаков (цвета/запаха), но способен вызвать смертельное отравление за 2-3 минуты воздействия. Механизм действия связан с образованием стойкого соединения с гемоглобином (карбоксигемоглобин), блокирующего транспорт кислорода в крови.

Двуокись углерода (CO_2), известная как углекислый газ, представляет собой бесцветное вещество со слабокислым вкусом и запахом. Этот газ образуется в результате полного окисления углеродосодержащих соединений. CO_2 играет значительную роль в глобальном потеплении, являясь одним из ключевых парниковых газов, способствующих изменению климата. Его

концентрация в атмосфере неуклонно растёт вследствие антропогенной деятельности, включая сжигание ископаемого топлива, промышленные процессы и вырубку лесов.

Озон (O_3) представляет собой газ с резким характерным запахом, обладающий более выраженными окислительными свойствами по сравнению с молекулярным кислородом. В приземном слое атмосферы его образование происходит в результате сложных фотохимических реакций с участием диоксида азота (NO_2) и летучих органических соединений. При высоких концентрациях озон приобретает заметный голубой оттенок. Несмотря на свою важную роль в защите биосферы от жесткого ультрафиолетового излучения и способность очищать воздух и воду, озон представляет серьезную опасность для здоровья человека. Этот газ обладает кумулятивным эффектом - при длительном воздействии даже относительно низких концентраций он постепенно накапливается в организме, провоцируя развитие хронических заболеваний дыхательной системы и увеличивая риск возникновения сердечно-сосудистых патологий. Особую опасность озон представляет для лиц с хроническими респираторными заболеваниями и детей, чья дыхательная система особенно уязвима к воздействию этого агрессивного окислителя.

Аммиак (NH_3) представляет собой бесцветный газ с резким раздражающим запахом, наиболее известный в форме десятипроцентного водного раствора (нашатырный спирт). Данное соединение оказывает выраженное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывая при повышенных концентрациях симптомы удушья. При значительном увеличении концентрации в воздухе аммиак проявляет свои токсические свойства в полной мере: вызывает химические ожоги роговицы с потенциальной потерей зрения, оказывает нейротоксическое действие с риском необратимых поражений нервной системы. Длительное воздействие даже

относительно низких концентраций NH_3 приводит к постепенному ухудшению когнитивных функций и может провоцировать появление галлюцинаторных состояний. В условиях промышленных аварий с массивным выбросом аммиака возможно развитие мгновенного летального исхода вследствие паралича дыхательного центра.

Формальдегид (HCHO) - бесцветный газ с резким запахом, опасный загрязнитель воздуха. Основные источники: выхлопные газы автотранспорта в городах, выбросы химических и деревообрабатывающих производств (изготовление смол, ДСП, фанеры). Особенно опасен в помещениях, где его концентрация может в 5-10 раз превышать уличный уровень. Формальдегид является канцерогеном 1-й группы опасности по классификации МАИР, что подтверждает его высокую вредность для здоровья.

Еще одним значимым загрязнителем выступает пыль, в том числе промышленного происхождения. В соответствии с механизмом образования промышленные пыли классифицируют на четыре типа:

- Механическая пыль – образуется при измельчении материалов в ходе технологических процессов.
- Возгоны – возникают при конденсации паров веществ в газовой фазе при охлаждении отходящих газов в промышленных установках.
- Летучая зола – представляет собой несгораемый минеральный остаток топлива, находящийся во взвешенном состоянии в дымовых газах.
- Промышленная сажа – углеродсодержащий компонент выбросов, образующийся при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

В таблице 3 представлены основные источники поступления токсичных газов в атмосферу.

Таблица 3 – Основные источники поступления газов в атмосферу

Загрязняющее вещество	Источники загрязнения	ПДК, мг/м ³
Двуокись серы SO ₂	Электростанции и домашние топки (бурый и каменный уголь, мазут), химические предприятия, металлургические заводы, производства сульфитной целлюлозы, коксовые заводы	ПДК _{сс} = 0,05
Угарный газ CO	Выхлопные газы, химическая промышленность	ПДК _{сс} = 3,0
Оксиды азота NO(x)	Выхлопные газы, химическая промышленность	ПДК _{сс} = 0,1
Озон O ₃	Выхлопные газы в нижних слоях воздуха	ПДК _{сс} = 0,1
Взвешенные частицы PM ₁₀	Промышленные процессы, металлургические заводы	ПДК _{сс} = 0,06
Взвешенные частицы PM _{2,5}	Промышленные процессы, металлургические заводы	ПДК _{сс} = 0,035
Взвешенные частицы PM	Промышленные процессы, металлургические заводы	ПДК _{сс} = 0,15
Аммиак NH ₃	Комбинаты промышленного откорма животных, навозная жижа, производство азотных удобрений	ПДК _{сс} = 0,1

Основными источниками загрязнения атмосферы являются:

Природные - загрязнители образуются в результате естественных процессов и состоят из минеральных, растительных и микробиологических компонентов. К ним относятся выбросы вулканов, дым от лесных и степных пожаров, атмосферная пыль, пыльца растений и выделения животных. Эти источники создают фоновый уровень загрязнения, существующий независимо от деятельности человека. Характерная особенность таких загрязнений – сезонная и географическая изменчивость, связанная с климатическими условиями и особенностями экосистем.

Антропогенные загрязнители подразделяются на несколько категорий по происхождению:

- Транспортные – выбросы от автомобильного, железнодорожного, авиационного и водного транспорта;

- Производственные – технологические выбросы промышленных предприятий, включая отопительные системы;
- Бытовые – продукты сжигания топлива в жилом секторе и переработки отходов.

По составу антропогенные загрязнители делятся на:

- Механические – цементная пыль, зола от угольных ТЭЦ, сажа от нефтепродуктов, микрочастицы от износа шин;
- Химические – газообразные и аэрозольные вещества, участвующие в химических реакциях;
- Радиоактивные – изотопы (йод-131, стронций-90, цезий-137), образующиеся при ядерных испытаниях или используемые в медицине и промышленности (кобальт-60).

Основным источником оксидов азота ($\text{NO}(\text{x})$) являются промышленные предприятия по производству азотных удобрений, красителей и химикатов. Годовой мировой выброс достигает 65 млн тонн.

По источникам выбросы распределяются следующим образом: транспортный сектор лидирует с 55%, энергетика даёт 28%, промышленность - 14%, а бытовой сектор - 3%. Такая структура показывает ключевую роль автотранспорта в загрязнении атмосферы $\text{NO}(\text{x})$, особенно в городах с высокой транспортной нагрузкой.

2.4 Влияние автотранспорта на качество атмосферного воздуха.

За последние 40 лет в Санкт-Петербурге произошёл десятикратный рост автопарка - с начала 1990-х до 2 046 445 транспортных средств в 2019 году. В период до 2005 года основу парка составляли изношенные автомобили

устаревших моделей, использовавшие низкокачественное топливо, что существенно ухудшало состояние городского воздуха и здоровье населения.

С ужесточением экологических нормативов в России произошло значительное обновление автопарка и улучшение качества топлива, что положительно сказалось на экологической ситуации. В настоящее время качество атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге в целом соответствует строгим нормативам, за исключением периодов неблагоприятных метеоусловий в часы пиковой нагрузки.

Автомобильный транспорт оказывает комплексное негативное воздействие на городскую среду. Основными проблемами становятся загрязнение атмосферы выхлопными газами и взвешенными частицами, образующимися при износе шин, тормозных колодок и дорожного покрытия. Серьёзную экологическую угрозу представляют токсичные стоки с автодорог, автомоек и стоянок, загрязняющие грунтовые воды.

Шумовое и вибрационное воздействие транспорта снижает качество городской среды. Особую проблему представляет изъятие значительных территорий (до 50% городского пространства) под дорожную инфраструктуру, парковки и заправочные станции, что ведёт к разрастанию пригородов за счёт природных зон и сельхозугодий. Дополнительными негативными факторами выступают коррозионное воздействие выбросов на конструкции, повреждение растительности, а также захламление территорий брошенными транспортными средствами.

Наиболее острой экологической проблемой остается сверхнормативное загрязнение городского воздуха токсичными выбросами автотранспорта. Особенно это характерно для крупных мегаполисов, таких как Москва и Санкт-Петербург, где в периоды неблагоприятных метеорологических условий

(температурные инверсии, слабая ветровая активность) и в часы пиковой нагрузки существенно ухудшается рассеивание вредных веществ в атмосфере.

Отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания представляют собой сложную многокомпонентную смесь, содержащую токсичные неорганические соединения (оксид углерода (CO), диоксид серы (SO₂), двуокись углерода (CO₂), оксид азота (NO), аммиак (NH₃)), тяжелые металлы (преимущественно соединения свинца), опасные органические соединения (метан, ароматические углеводороды, альдегиды, в том числе канцерогенный бензапирен), а также высокодисперсные взвешенные частицы сажи размером менее 2,5 микрон.

Следует отметить, что около 98% объема выбросов составляют относительно безопасные продукты полного сгорания топлива - углекислый газ и водяной пар. Однако оставшиеся 2% приходятся на высокотоксичные и канцерогенные вещества, которые даже в таких небольших концентрациях представляют серьезную угрозу для здоровья городского населения. Сравнительный анализ уровня загрязнения от различных видов транспортных средств представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Удельные выбросы отработавших газов по видам транспорта

Вид транспорта	Удельные выбросы отработавших газов, кг/ч				
	оксид углерода (CO)	оксид азота (NO)	сажа (PM)	диоксид серы (SO ₂)	Свинец
легковой автомобиль с бензиновым двигателем	0,21	0,015	-	0,0006	0,00026
легковой автомобиль с дизелем	0,008	0,0036	0,0021	0,0024	-
грузовой автомобиль грузоподъемностью до 3т с бензиновым двигателем	0,378	0,0045	-	0,0012	0,00028
грузовой автомобиль грузоподъемностью свыше 3т с бензиновым двигателем	1,104	0,012	-	0,00168	0,00045
грузовой автомобиль с дизелем	0,171	0,0486	0,0042	0,0045	-
грузовой газобаллонный автомобиль на сжатом природном газе	0,386	0,0054	-	0,0006	-
маневровый тепловоз	15,19	41,63	0,38	1,87	-
воздушное судно	6,92	233,9	0,324	39,95	-
морское судно	4,812	15,39	0,962	0,962	-

Проблема загрязнения атмосферного воздуха представляет серьезную угрозу для всего мирового сообщества. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно около 3,3 миллионов человек преждевременно умирают из-за воздействия загрязненного воздуха. Наиболее тяжелая ситуация наблюдается в крупных городах развивающихся стран - Китая, Индии, Пакистана и государств Латинской Америки, где концентрация вредных веществ регулярно превышает допустимые нормы.

Это глобальная экологическая проблема требует скоординированных международных усилий по снижению промышленных и транспортных выбросов, внедрению современных технологий очистки и ужесточению экологических стандартов. Особое внимание необходимо уделить мегаполисам с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой, где показатели заболеваемости и смертности, связанные с качеством воздуха, достигают критических значений.

3. АНАЛИЗ ДАННЫХ

3.1 Местонахождение станций

Были рассмотрены данные с двух станций АСМ-АВ:

Первая исследуемая станция. № 13 находится по адресу:

Индустриальный проспект, дом 64.

Местонахождение на карте Санкт-Петербурга (рисунок 2)

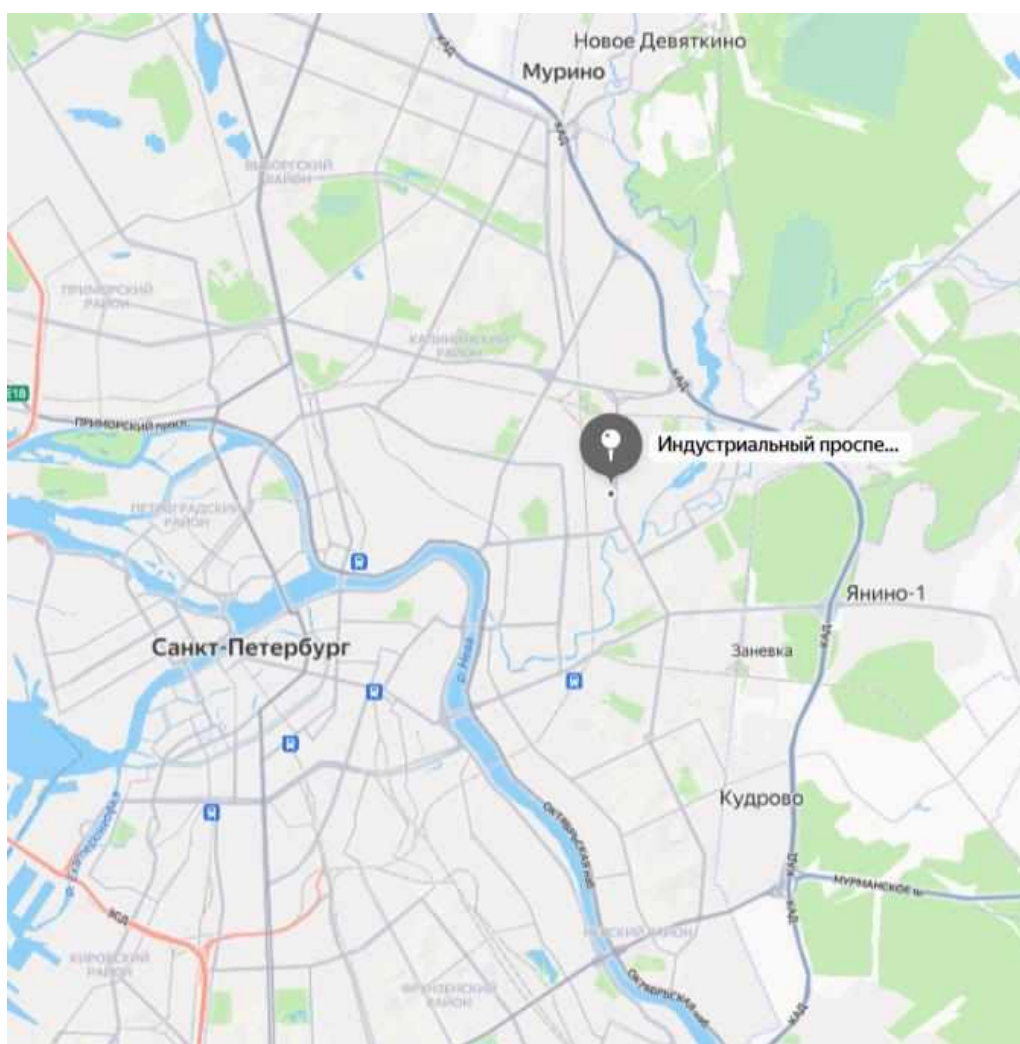


Рисунок 2 – Станция АСМ-АВ №13

Данная станция производит анализ атмосферного воздуха 1 раз в 20 минут, то есть 72 раза в сутки. Станция собирает данные по концентрации примесей: оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), озона (O₃), аммиака (NH₃) и диоксида серы (SO₂).

Вторая исследуемая станция № 14 находится по адресу: Уткин проспект, дом 16. Местонахождение на карте Санкт-Петербурга (рисунок 3)

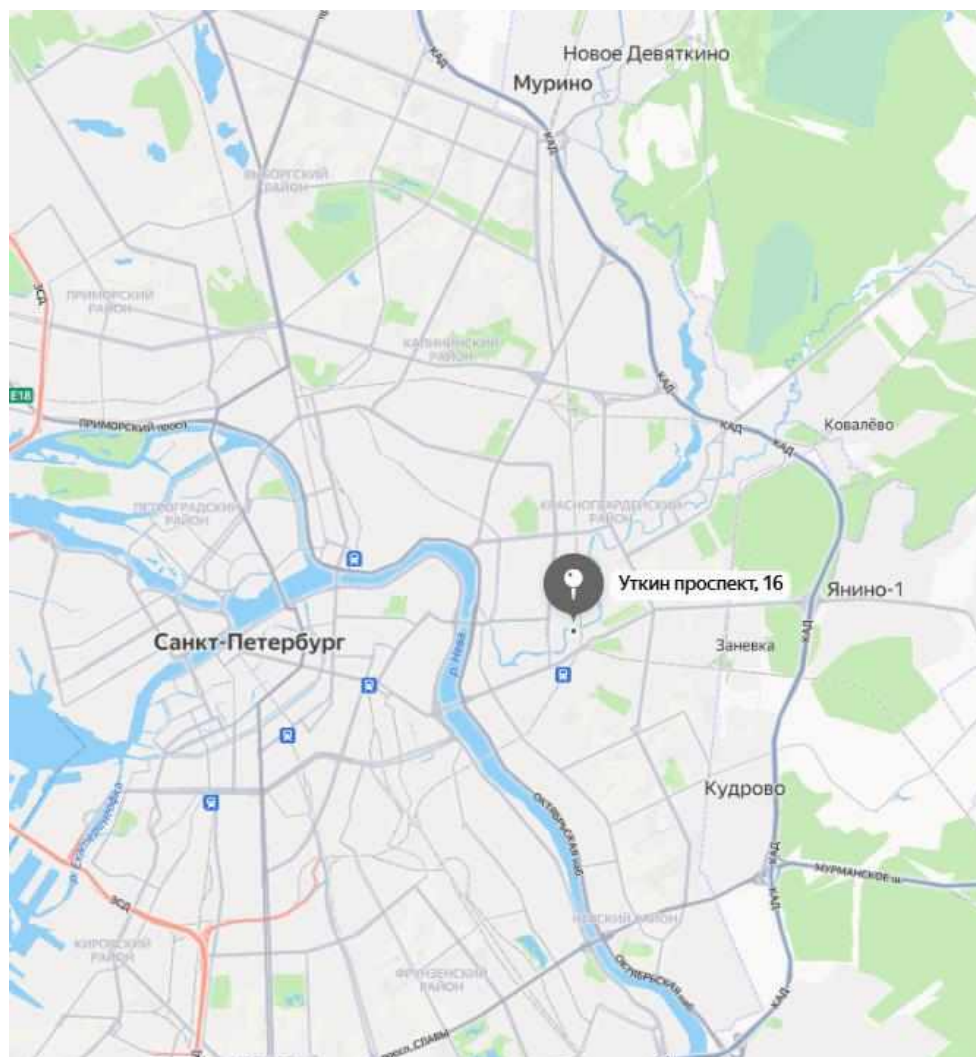


Рисунок 3 – Станция АСМ-АВ №14

Станция имеет такое же время сбора данных и собирает данные о таких же

примесях, но также ещё собирает данные о взвешенных частицах PM10, PM2.5 и PM.

3.2 Данные со станций

По таблицам, из приложения 1 для наглядности были построены графики для станций номер 13 и 14:

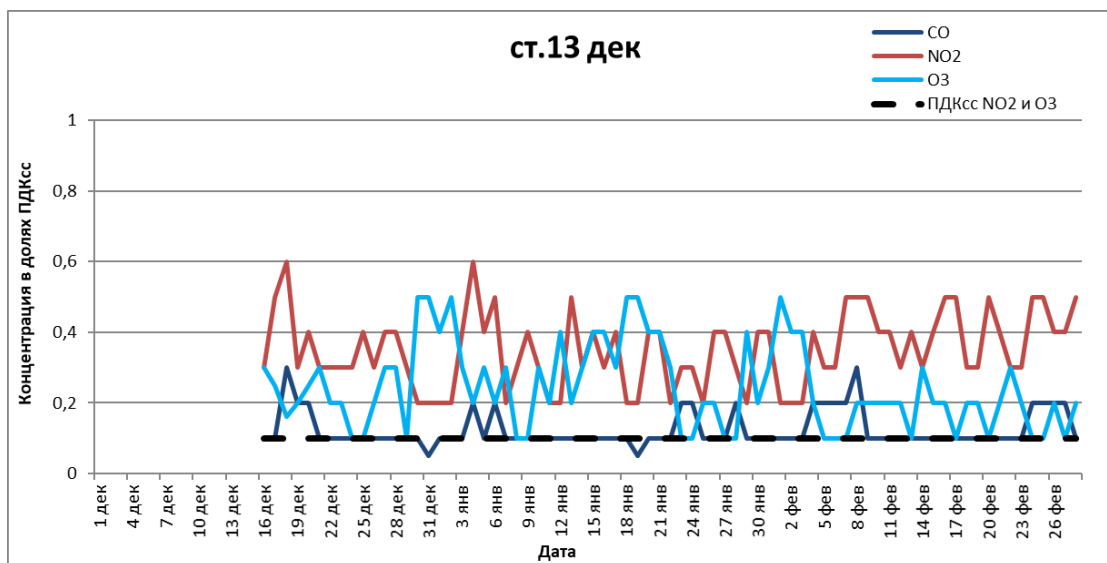


Рисунок 4—Данные со станции №13 за декабрь

По исходным данным можно заметить, что все рассматриваемые примеси, а именно озон и азот превышают норму ПДК. Углекислый газ в свою очередь не имеет больших изменений и на протяжении всего месяца не превышал концентрацию 0,3.

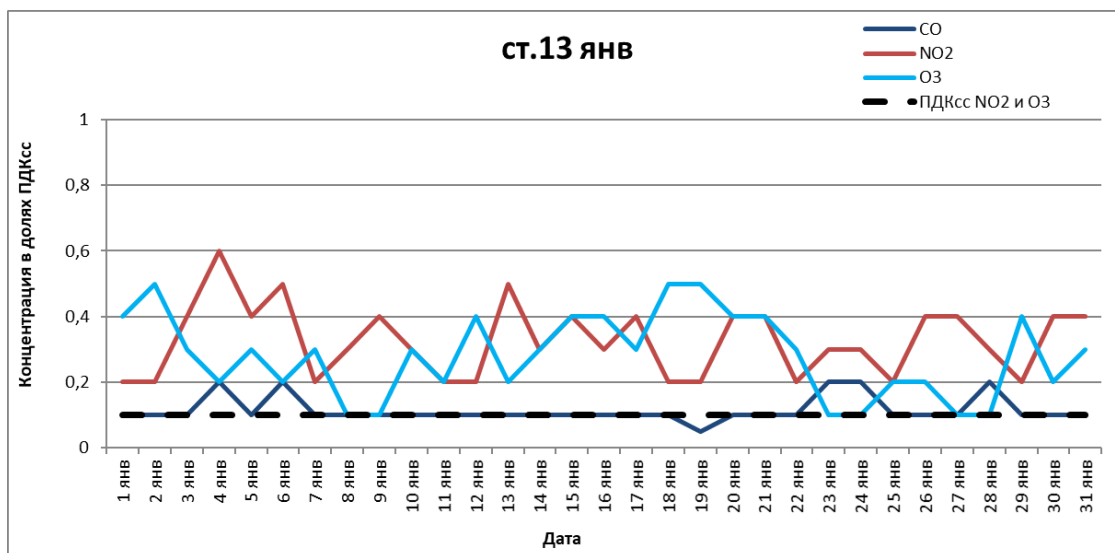


Рисунок 5—Данные со станции №13 за январь

По данным за январь заметно, что ОЗ и имеет отличный ход от СО и NO₂, ОЗ повышается, когда концентрация остальных примесей уменьшается.

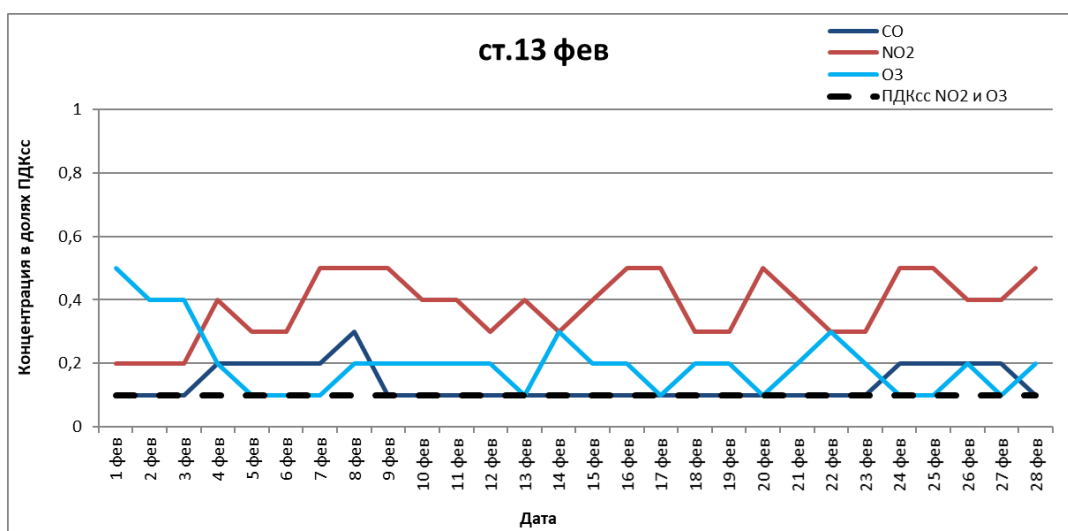


Рисунок 6—Данные со станции №13 за февраль

В феврале ситуация похожа на прошлые месяцы: ОЗ имеет отличный от других примесей ход. В свою очередь озон и азот выступают за максимум, то есть их ход идет выше допустимой нормы.

NO₂ и CO демонстрируют повышенные значения, особенно в декабре и начале января. Это связано с увеличением выбросов от автотранспорта (зимние пробки, прогрев двигателей) и работой котельных. Также зимой часты температурные инверсии, которые задерживают загрязнения у земли. О₃ в этот период обычно снижен, так как для его образования нужен солнечный свет, которого мало в северных широтах зимой. В феврале Концентрации NO₂ и CO начинают постепенно снижаться по сравнению с январем, что может быть связано с уменьшением отопительной нагрузки и улучшением рассеивания загрязнений. О₃ остается на низком уровне, но к концу февраля возможен небольшой рост из-за увеличения солнечной активности.

Рассмотрим данные по станции №14:

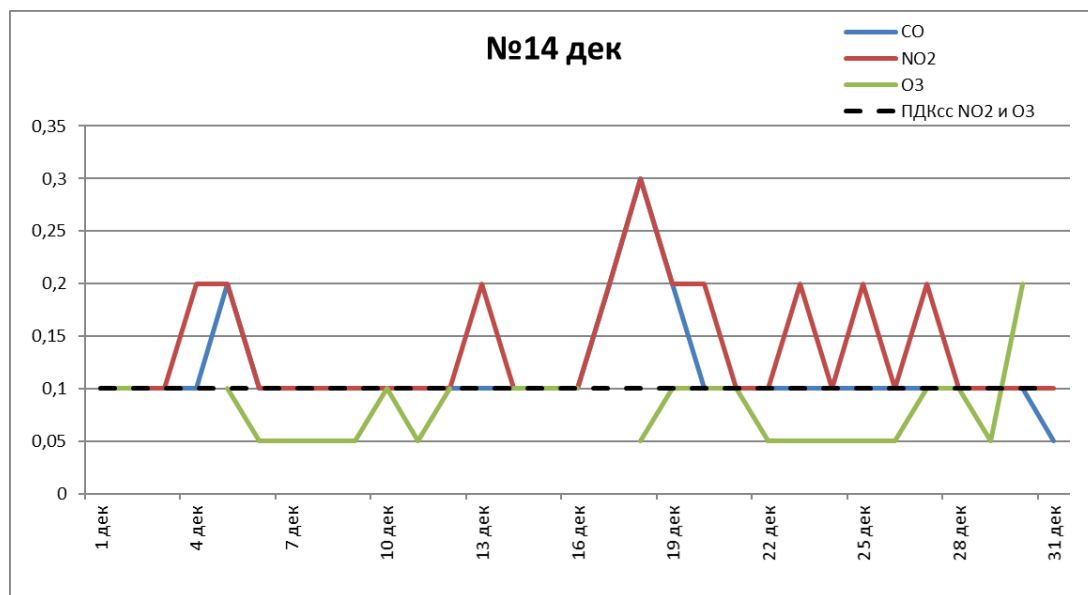


Рисунок 7—Данные со станции №14 за декабрь

Этот график показывает концентрации загрязняющих веществ (CO, NO₂, O₃) в декабре в долях от ПДКсс. Значения ниже 1 означают, что уровень загрязнения в норме.

СО (угарный газ): Концентрация колеблется в пределах 0–0.35 ПДКсс, что безопасно. Возможны небольшие всплески из-за транспорта или отопления. NO₂ (диоксид азота): Уровень держится в диапазоне 0–0.3 ПДКсс, что также в пределах нормы, но ближе к верхней границе, особенно в середине месяца (вероятно, влияние транспорта). О₃ (озон): Концентрация низкая (0–0.25 ПДКсс), что типично для зимы — мало солнца для его образования.

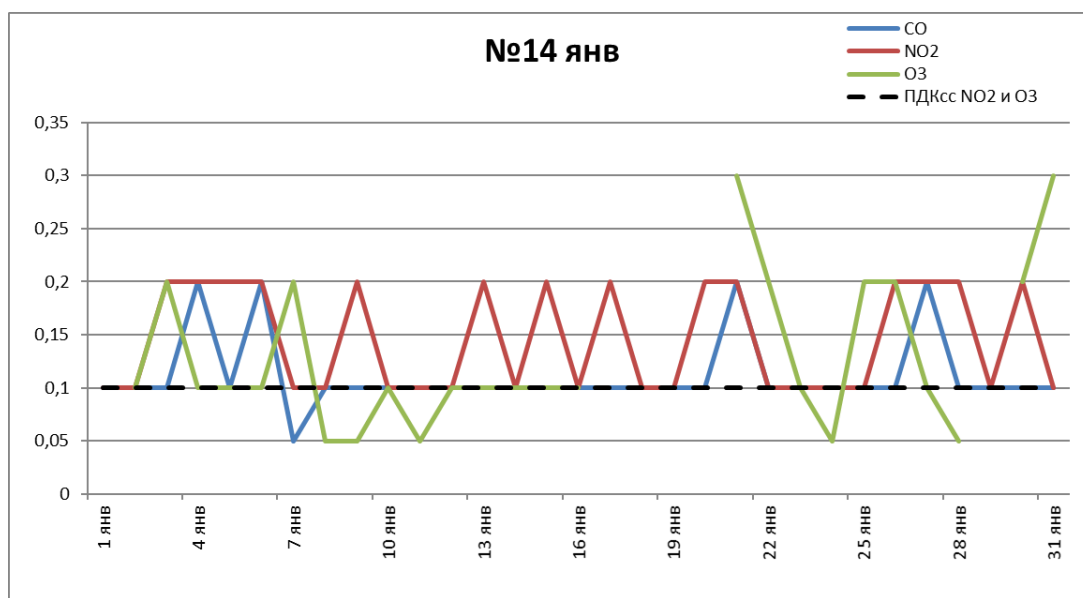


Рисунок 8—Данные со станции №14 за январь

На станции №14 за январь все показатели остаются значительно ниже предельно допустимых уровней (максимум 0.35 ПДКсс), что указывает на относительно благополучную экологическую ситуацию в январе. СО (угарный газ): колеблется в пределах 0–0.35 ПДКсс, с небольшими подъёмами в отдельные даты, что может быть связано с периодами похолоданий и усиленной работой отопительных систем. NO₂ (диоксид азота): держится в диапазоне 0–0.3 ПДКсс, демонстрируя стабильно низкие значения, характерные для зимнего периода с ограниченной фотохимической активностью. О₃ (озон): остаётся на минимальных уровнях (0–0.25 ПДКсс), что типично для января из-за недостатка солнечного света для фотохимических реакций.

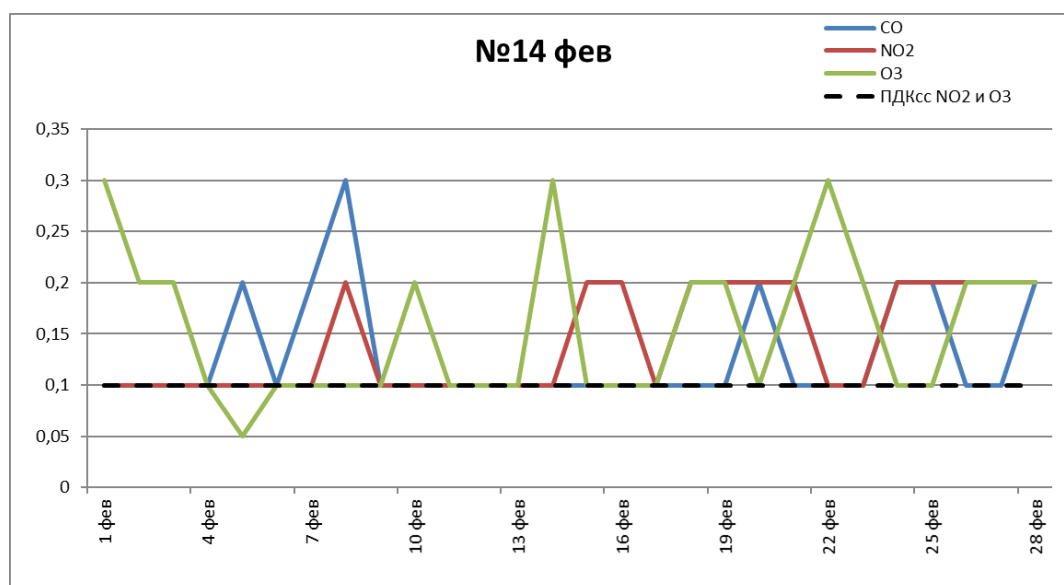


Рисунок 9— Данные со станции №14 за февраль

Февральские данные свидетельствуют о благоприятной воздушной среде. Незначительные колебания CO и NO₂ вероятно связаны с антропогенными источниками (транспорт, отопление), но не представляют угрозы для экологии и здоровья населения.

При сравнении данных станций №13 и №14 за декабрь–февраль наблюдаются как общие закономерности, так и заметные различия в уровне загрязнения воздуха. Обе станции фиксируют сезонное снижение концентраций CO и NO₂ от декабря к февралю примерно на 0.05–0.1 ПДКсс, что связано с уменьшением отопительной нагрузки и улучшением условий рассеивания загрязнений. Уровень озона (O₃) на обеих станциях остаётся стабильно низким (0–0.25 ПДКсс) из-за характерного для зимнего периода дефицита солнечного света. Однако станция №13 демонстрирует более высокие концентрации загрязняющих веществ, особенно в декабре и январе, когда значения NO₂ достигают 0.3–0.35 ПДКсс, а CO показывает выраженные пики до 0.35 ПДКсс в холодные периоды. Это позволяет предположить, что станция №13 расположена в зоне с более интенсивной антропогенной нагрузкой – вероятно, вблизи крупных транспортных магистралей или промышленных объектов Красногвардейского

района. В отличие от неё, данные станции №14 отличаются меньшей амплитудой колебаний и более низкими фоновыми значениями (преимущественно ниже 0.25 ПДКсс), что характерно для жилых или парковых территорий с ограниченным влиянием локальных источников загрязнения. Различия между станциями особенно заметны в периоды неблагоприятных метеоусловий (антициклоны, инверсии), когда станция №13 фиксирует кратковременные повышения концентраций, а показатели станции №14 остаются относительно стабильными. Такая динамика подтверждает, что даже в пределах одного района уровень загрязнения воздуха может существенно варьироваться в зависимости от расположения мониторинговой станции относительно источников выбросов и особенностей местного ветрового режима. Для более точных выводов необходимо учитывать точное местоположение станций и дополнительные метеорологические данные, но уже сейчас можно утверждать, что станция №13 отражает более напряжённую экологическую обстановку по сравнению с фоновыми показателями станции №14.

3.3 Зависимость концентрации загрязняющих веществ от метеорологических условий

Метеорологические условия играют ключевую роль в формировании уровня загрязнения атмосферного воздуха, существенно влияя на процессы рассеивания, накопления и трансформации вредных веществ. Факторы такие как температура воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, влажность и солнечная радиация комплексно определяют способность атмосферы к самоочищению. При определенных погодных условиях, например, при слабом ветре и температурной инверсии, создаются предпосылки для накопления загрязняющих веществ в приземном слое, что приводит к росту их

концентраций. Напротив, сильные ветры и неустойчивая стратификация атмосферы способствуют активному рассеиванию примесей. Кроме того, такие явления как туманы и осадки могут как способствовать вымыванию аэрозолей из атмосферы, так и в отдельных случаях участвовать в химических превращениях загрязняющих веществ. Сезонные изменения метеопараметров также вносят значительный вклад в долгосрочную динамику концентраций, создавая характерные временные паттерны в поведении различных загрязнителей. Все эти процессы необходимо учитывать при интерпретации данных мониторинга качества атмосферного воздуха, поскольку одни и те же выбросы в разных метеоусловиях могут приводить к принципиально различным уровням загрязнения.

В приложении 2 представлены метеорологические данные за каждый исследуемый месяц. Для подробного анализа были созданы графики по температуре и влажности, так как эти критерии являются одними из самыми главными влиятельными элементами в концентрации загрязняющих веществ:

График 1 Температура воздуха в исследуемые месяцы

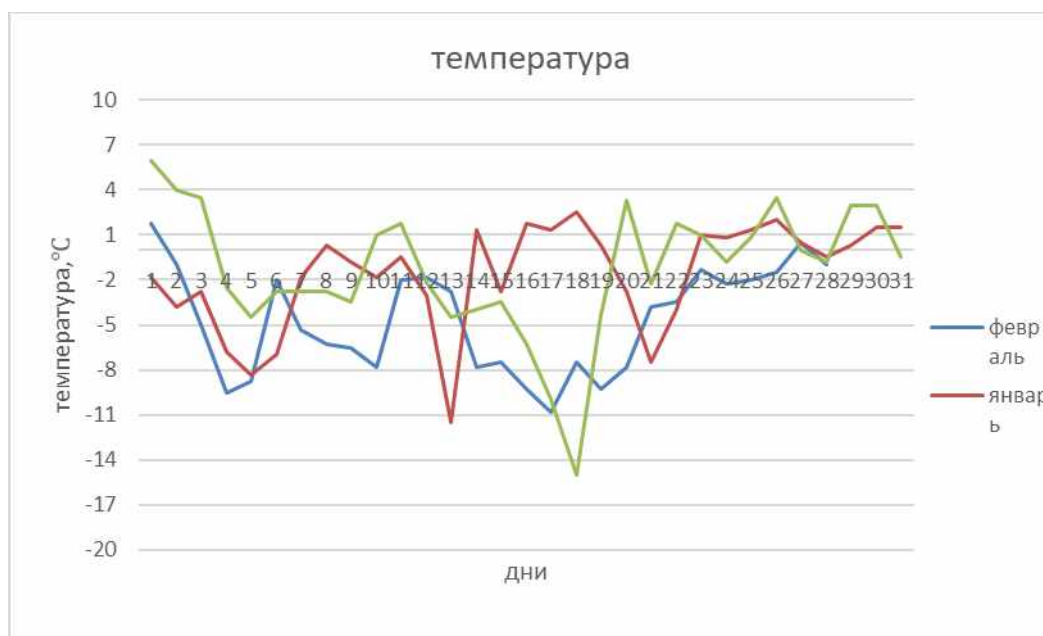


График 2 Влажность воздуха в исследуемые месяцы



График 3 Скорость ветра в исследуемые месяцы



Анализ метеорологических данных и показателей загрязнения воздуха за зимний период демонстрирует выраженную зависимость концентрации вредных веществ от погодных условий. При понижении температуры ниже -5°C наблюдается заметный рост концентрации угарного газа, достигающий 0.35 ПДКсс, что связано с интенсивной работой отопительных систем и прогревом автомобильных двигателей в холодную погоду. Особенно ярко этот эффект

проявляется в условиях температурной инверсии, когда холодный воздух действует как "крышка", препятствуя рассеиванию выбросов. В периоды оттепелей, когда температура приближается к нулевой отметке, отмечается снижение концентрации диоксида азота до 0.2 ПДКсс благодаря уменьшению отопительных выбросов и улучшению вертикального перемешивания воздушных масс. Влажностный режим также оказывает существенное влияние - высокая влажность декабря с частыми туманами способствует накоплению NO₂ до 0.3 ПДКсс из-за замедленного рассеивания загрязнений, тогда как более сухой февраль характеризуется стабильными показателями качества воздуха. Наибольшее влияние на очищение атмосферы оказывает ветер - при скорости ветра менее 2 м/с станция №13 фиксирует пиковые значения концентраций, тогда как усиление ветра до 6-8 м/с приводит к резкому снижению всех показателей загрязнения ниже 0.2 ПДКсс. Характерный пример - 13 декабря при температуре -8°C и слабом ветре 1 м/с зафиксированы максимальные значения СО и NO₂, тогда как 25 января в условиях оттепели и ветра 5 м/с концентрации существенно снизились. Эти наблюдения подтверждают, что станция №13, расположенная в зоне интенсивной антропогенной нагрузки, значительно сильнее реагирует на неблагоприятные метеоусловия по сравнению с фоновой станцией №14, где колебания концентраций менее выражены. Полученные данные подчеркивают важность учета метеорологических факторов при анализе качества городского воздуха и разработке мероприятий по снижению загрязнения атмосферы.

3.4 Рекомендации по улучшению качества воздуха

Красногвардейский район Санкт-Петербурга, обладая высокой плотностью промышленных предприятий и транспортной инфраструктуры, сталкивается с проблемой загрязнения атмосферного воздуха, особенно в

зимний период, когда метеорологические условия способствуют накоплению вредных веществ. Для улучшения экологической обстановки необходимо реализовать комплекс мер, направленных на снижение выбросов от основных источников загрязнения.

Одним из ключевых направлений должно стать сокращение выбросов от автотранспорта, который является основным источником загрязнения в районе. Для этого следует развивать систему общественного транспорта, увеличивая количество экологически чистых видов транспорта, таких как электробусы и троллейбусы. Особое внимание необходимо уделить оптимизации транспортных потоков через введение выделенных полос для общественного транспорта и совершенствование системы светофорного регулирования. Параллельно следует стимулировать переход населения на экологичные виды транспорта путем создания развитой сети велодорожек, внедрения льгот для владельцев электромобилей и расширения услуг каршеринга с использованием электромобилей. Важным аспектом является ужесточение контроля за выбросами автотранспорта, особенно грузового и коммерческого, через регулярные проверки на соответствие экологическим стандартам. Не менее важной задачей является снижение промышленных выбросов. Промышленные предприятия района, особенно расположенные в промзоне "Пискаревка", должны модернизировать свои системы газоочистки и переходить на более экологичные технологии производства. Особое внимание следует уделить переводу котельных с угля и мазута на природный газ, что значительно снизит выбросы вредных веществ. Для эффективного контроля за промышленными выбросами необходимо расширить сеть стационарных и мобильных станций мониторинга качества воздуха с обеспечением открытого доступа к этим данным для населения.

Существенный вклад в улучшение качества воздуха может внести программа озеленения территории района. Создание новых парков и скверов, особенно вдоль реки Охты, а также посадка деревьев и кустарников вдоль автомагистралей позволят не только поглощать вредные вещества, но и создадут дополнительные рекреационные зоны для жителей. В градостроительной политике следует активнее внедрять "зеленые" технологии, такие как шумопоглощающие и воздухоочищающие фасады зданий, а также вертикальное озеленение.

Особое внимание в зимний период должно уделяться контролю за использованием противогололедных реагентов, которые могут быть источником вторичного загрязнения. Необходимо переходить на менее токсичные материалы и обеспечивать своевременную уборку снега, накапливающего загрязняющие вещества. Также важно снижать выбросы от систем отопления через утепление зданий и замену устаревшего котельного оборудования на более эффективное.

Важным компонентом улучшения экологической обстановки является повышение экологической культуры населения. Регулярное проведение просветительских мероприятий, экологических акций и субботников, а также информирование жителей о влиянии загрязнения воздуха на здоровье будут способствовать формированию ответственного отношения к окружающей среде. Необходимо также ужесточить контроль за сжиганием мусора и листвы в частном секторе и активно продвигать практику раздельного сбора отходов. Реализация предложенных мер требует скоординированных действий администрации района, промышленных предприятий, транспортных компаний и активного участия жителей. Только комплексный подход, сочетающий технические, организационные и просветительские мероприятия, позволит

существенно улучшить качество воздуха в Красногвардейском районе и создать более комфортную среду для жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ данных мониторинга воздуха в Красногвардейском районе Санкт-Петербурга за зимние месяцы (декабрь-февраль) выявил несколько важных закономерностей в изменении концентраций загрязняющих веществ. Наиболее высокие уровни СО и NO₂ наблюдались в декабре и январе, что напрямую связано с увеличением выбросов от систем отопления и неблагоприятными метеорологическими условиями для рассеивания вредных веществ. Особенно ярко это проявлялось на станции №13, расположенной, вероятно, в зоне активной антропогенной деятельности, где фиксировались максимальные значения загрязнений - до 0,35 ПДКсс по СО и 0,3 ПДКсс по NO₂. С наступлением февраля отмечалось постепенное улучшение ситуации, когда концентрации снижались на 0,05-0,1 ПДКсс благодаря уменьшению отопительной нагрузки и изменению погодных условий.

Важнейшую роль в формировании экологической обстановки играли метеорологические факторы: в периоды температурных инверсий и слабых ветров (менее 2 м/с) создавались условия для накопления вредных веществ, тогда как усиление ветра до 6-8 м/с способствовало быстрому очищению воздуха, снижая концентрации загрязнителей на 40-50%. Станция №14, представляющая, вероятно, фоновую территорию, демонстрировала более стабильные и низкие показатели качества воздуха, что подчеркивает существенную пространственную неоднородность загрязнения атмосферы в пределах одного района. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к управлению качеством воздуха с учетом как сезонных факторов, так и особенностей конкретных территорий, а также важности продолжения мониторинговых исследований для разработки эффективных природоохранных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив погоды в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге (дата обращения: 15.05.2025).
2. Кондратьева О.Е., Росляков П.В., Боровкова А.М., Звонкова Н.В., Королев И.В. Экология: учебник и практикум для вузов // Юрайт. — 2025. — 283с.
3. Карта мониторинга загрязнения окружающего воздуха [Электронный ресурс] — http://www.meteo.nw.ru/weather/air_pollution.php (дата обращения: 10.04.2025).
4. Панарин Владимир Михайлович, Маслова Анна Александровна, Гришаков Кирилл Владимирович, Гришакова Ольга Владимировна, Логунов Дмитрий Андреевич ОБЗОР СТАНЦИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-stantsiy-avtomaticheskogo-monitoringa-zagryazneniya-atmosfernogo-vozduha> (дата обращения: 22.05.2025).
5. Данные Росгидромета по Санкт-Петербургу [Электронный ресурс]: <https://www.meteorf.ru>
6. Григорьев А. А. Экологический мониторинг атмосферного воздуха в мегаполисах. – СПб.: Химиздат, 2020. – 256 с.
7. Иванова Л. М., Петров К. С. Зимние экологические проблемы крупных городов России. – М.: Наука, 2021. – 180 с.
8. Смирнова О. В. "Особенности загрязнения атмосферы в зимний период в Санкт-Петербурге" // Экология и промышленность России. – 2022. – № 3. – С. 45-50.

9. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды РФ" / Минприроды России. – М., 2023.

ПРИЛОЖЕНИЯ 1

Таблица 1. Данные по концентрациям загрязняющих веществ с декабря по февраль со станции №13

	CO	NO2	O3	NH3	SO2
01.12.2024					
02.12.2024					
03.12.2024					
04.12.2024					
05.12.2024					
06.12.2024					
07.12.2024					
08.12.2024					
09.12.2024					
10.12.2024					
11.12.2024					
12.12.2024					
13.12.2024					
14.12.2024					
15.12.2024					
16.12.2024	0,1	0,3	0,3		0,05
17.12.2024	0,1	0,5	0,25		0,05
18.12.2024	0,3	0,6	0,16		0,05
19.12.2024	0,2	0,3	0,2		0,05
20.12.2024	0,2	0,4	0,25		0,05
21.12.2024	0,1	0,3	0,3		0,1
22.12.2024	0,1	0,3	0,2		0,05
23.12.2024	0,1	0,3	0,2		0,05
24.12.2024	0,1	0,3	0,1		0,05
25.12.2024	0,1	0,4	0,1		0,05
26.12.2024	0,1	0,3	0,2		0,05

27.12.2024	0,1	0,4	0,3		0,05
28.12.2024	0,1	0,4	0,3		0,05
29.12.2024	0,1	0,3	0,1		0,05
30.12.2024	0,1	0,2	0,5		0,05
31.12.2024	0,05	0,2	0,5		0,05
01.01.2025	0,1	0,2	0,4		0,05
02.01.2025	0,1	0,2	0,5		0,05
03.01.2025	0,1	0,4	0,3		0,05
04.01.2025	0,2	0,6	0,2		0,05
05.01.2025	0,1	0,4	0,3		0,05
06.01.2025	0,2	0,5	0,2		0,05
07.01.2025	0,1	0,2	0,3		0,05
08.01.2025	0,1	0,3	0,1		0,05
09.01.2025	0,1	0,4	0,1		0,05
10.01.2025	0,1	0,3	0,3		0,05
11.01.2025	0,1	0,2	0,2		0,05
12.01.2025	0,1	0,2	0,4		0,05
13.01.2025	0,1	0,5	0,2		0,05
14.01.2025	0,1	0,3	0,3		0,05
15.01.2025	0,1	0,4	0,4		0,05
16.01.2025	0,1	0,3	0,4		0,05
17.01.2025	0,1	0,4	0,3		0,05
18.01.2025	0,1	0,2	0,5		0,05
19.01.2025	0,05	0,2	0,5		0,05
20.01.2025	0,1	0,4	0,4		0,05
21.01.2025	0,1	0,4	0,4	0,05	0,05
22.01.2025	0,1	0,2	0,3	0,05	0,05
23.01.2025	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
24.01.2025	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
25.01.2025	0,1	0,2	0,2	0,05	0,05
26.01.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
27.01.2025	0,1	0,4	0,1	0,05	0,05

28.01.2025	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
29.01.2025	0,1	0,2	0,4		0,05
30.01.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
31.01.2025	0,1	0,4	0,3	0,05	0,05
01.02.2025	0,1	0,2	0,5	0,05	0,05
02.02.2025	0,1	0,2	0,4	0,05	0,05
03.02.2025	0,1	0,2	0,4	0,05	0,05
04.02.2025	0,2	0,4	0,2	0,05	0,05
05.02.2025	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
06.02.2025	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
07.02.2025	0,2	0,5	0,1	0,05	0,1
08.02.2025	0,3	0,5	0,2	0,05	0,05
09.02.2025	0,1	0,5	0,2	0,05	0,05
10.02.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
11.02.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
12.02.2025	0,1	0,3	0,2	0,05	0,05
13.02.2025	0,1	0,4	0,1	0,05	0,05
14.02.2025	0,1	0,3	0,3	0,05	0,05
15.02.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
16.02.2025	0,1	0,5	0,2	0,05	0,05
17.02.2025	0,1	0,5	0,1	0,05	0,05
18.02.2025	0,1	0,3	0,2	0,05	0,05
19.02.2025	0,1	0,3	0,2	0,05	0,05
20.02.2025	0,1	0,5	0,1	0,05	0,05
21.02.2025	0,1	0,4	0,2	0,05	0,05
22.02.2025	0,1	0,3	0,3	0,05	0,05
23.02.2025	0,1	0,3	0,2	0,05	0,05
24.02.2025	0,2	0,5	0,1	0,05	0,1
25.02.2025	0,2	0,5	0,1	0,05	0,05
26.02.2025	0,2	0,4	0,2	0,05	0,05
27.02.2025	0,2	0,4	0,1	0,05	0,05
28.02.2025	0,1	0,5	0,2	0,05	0,05

Таблица 2. Данные по концентрациям загрязняющих веществ с декабря по февраль со станции №14

	CO	NO2	O3	PM10	PM2,5	PM	NH3	SO2
01.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,05	0,05
02.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2	0,05	0,05
03.12.2024	0,1	0,1		0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
04.12.2024	0,1	0,2		0,2	0,2	0,1	0,05	0,05
05.12.2024	0,2	0,2	0,1	0,3	0,5	0,1		0,05
06.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,2	0,4	0,1	0,05	0,05
07.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
08.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
09.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
10.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
11.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
12.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,9	0,05	0,05
13.12.2024	0,1	0,2		0,3	0,2	0,3	0,05	0,05
14.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
15.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
16.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
17.12.2024	0,2	0,2		0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
18.12.2024	0,3	0,3	0,05	0,6	0,9	0,3		0,05
19.12.2024	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
20.12.2024	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,05	0,05
21.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
22.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
23.12.2024	0,1	0,2	0,05	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
24.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,3	0,5	0,2	0,05	0,05
25.12.2024	0,1	0,2	0,05	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
26.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,1	0,2	0,05	0,05	0,05
27.12.2024	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05

28.12.2024	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
29.12.2024	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
30.12.2024	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
31.12.2024	0,05	0,1		0,2	0,1	0,7	0,05	0,05
01.01.2025	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
02.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
03.01.2025	0,1	0,2	0,2	0	0,2	0,1	0,05	0,05
04.01.2025	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
05.01.2025	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
06.01.2025	0,2	0,2	0,1	0,4	0,6	0,2	0,05	0,05
07.01.2025	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
08.01.2025	0,1	0,1	0,05	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
09.01.2025	0,1	0,2	0,05	0,3	0,4	0,2	0,05	0,05
10.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
11.01.2025	0,1	0,1	0,05	0,1	0,2	0,01	0,05	0,05
12.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
13.01.2025	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
14.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,05	0,05
15.01.2025	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
16.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,05	0,05
17.01.2025	0,1	0,2		0,1	0,2	0,05	0,05	0,05
18.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,05
19.01.2025	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
20.01.2025	0,1	0,2		0,2	0,2	0,3	0,05	0,05
21.01.2025	0,2	0,2	0,3	0,7	0,3	1	0,05	0,05
22.01.2025	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,05	0,05
23.01.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
24.01.2025	0,1	0,1	0,05	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
25.01.2025	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
26.01.2025	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
27.01.2025	0,2	0,2	0,1	0,3	0,5	0,1		0,05

28.01.2025	0,1	0,2	0,05	0,3	0,5	0,2	0,05	0,05
29.01.2025	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
30.01.2025	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
31.01.2025	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	0,05
01.02.2025	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05
02.02.2025	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
03.02.2025	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,05	0,05	0,05
04.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,4	0,5	0,2	0,05	0,05
05.02.2025	0,2	0,1	0,05	0,5	0,7	0,2	0,05	0,05
06.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
07.02.2025	0,2	0,1	0,1	0,7	0,9	0,4		0,1
08.02.2025	0,3	0,2	0,1	0,8	1,2	0,3	0,1	0,05
09.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	0,2	0,05	0,05
10.02.2025	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,1	0,05	0,05
11.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
12.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
13.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,05	0,05
14.02.2025	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
15.02.2025	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
16.02.2025	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
17.02.2025	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,05	0,05
18.02.2025	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
19.02.2025	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,05	0,05
20.02.2025	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,1	0,05	0,05
21.02.2025	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,05	0,05
22.02.2025	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,05	0,05
23.02.2025	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,4	0,05	0,05
24.02.2025	0,2	0,2	0,1				0,05	0,1
25.02.2025	0,2	0,2	0,1				0,05	0,05
26.02.2025	0,1	0,2	0,2		0,8		0,05	0,05
27.02.2025	0,1	0,2	0,2	0,9		0,5	0,05	0,05

28.02.2025	0,2	0,2	0,2	0,9		0,5	0,05	1
------------	-----	-----	-----	-----	--	-----	------	---

ПРИЛОЖЕНИЯ 2

Таблица 3. Метеорологические данные за период декабрь-февраль по Красногвардейскому району г. Санкт Петербург

	T	f	wd	ws	p	облачность	осадки
01.12.2024	6	87	248	6	1018	10	
02.12.2024	4	82	225	5	1009	7	
03.12.2024	3,5	88	225	5	1007	10	3
04.12.2024	-2,5	80	315	2	1019	10	
05.12.2024	-4,5	83	135	3	1036	7	
06.12.2024	-2,8	76	158	4	1027	10	
07.12.2024	-2,8	80	158	3	1026	10	
08.12.2024	-2,8	90	90	1	1024	10	
09.12.2024	-3,5	91	270	1	1030	10	
10.12.2024	1	87	270	6	1027	10	
11.12.2024	1,8	79	293	6	1013	5	
12.12.2024	-2,2	77	315	6	1014	8	
13.12.2024	-4,5	75	293	4	1021	4	3
14.12.2024	-4	95	135	4	1005	10	14
15.12.2024	-3,5	95	113	3	986	10	9,6
16.12.2024	-6,3	92	135	5	990	10	5,7
17.12.2024	-10	88	315	3	982	5	
18.12.2024	-15	94	293	2	1012	3	
19.12.2024	-4,3	93	158	6	1005	10	11
20.12.2024	3,3	94	203	5	983	8	2,7
21.12.2024	-2,3	87	248	6	991	10	7,4
22.12.2024	1,8	96	203	5	996	10	
23.12.2024	1	91	180	4	998	10	
24.12.2024	-0,8	91	180	2	1014	10	3
25.12.2024	0,8	98	225	4	1022	10	
26.12.2024	3,5	96	248	4	1021	10	
27.12.2024	0	94	248	2	1027	10	
28.12.2024	-0,8	96	248	2	1025	10	
29.12.2024	3	96	225	5	1015	10	
30.12.2024	3	88	248	8	1001	7	4,8
31.12.2024	-0,5	67	270	6	998	3	
01.01.2025	-1,8	85	203	4	1003	8	9
02.01.2025	-3,8	84	225	3	978	10	
03.01.2025	-2,8	92	248	3	990	10	2
04.01.2025	-6,8	94	248	1	995	8	
05.01.2025	-8,3	95	248	2	998	10	1

06.01.2025	-7	92	135	3	1007	10	
07.01.2025	-1,8	94	225	4	1002	9	3
08.01.2025	0,3	98	270	3	991	10	10
09.01.2025	-0,8	95	225	3	999	10	4
10.01.2025	-1,8	94	135	4	1007	10	4
11.01.2025	-0,5	97	68	4	1004	10	10
12.01.2025	-3	95	23	5	1018	10	17
13.01.2025	-11,5	94	248	3	1027	5	
14.01.2025	1,3	98	248	6	1012	10	3
15.01.2025	-2,8	97	293	2	1020	10	
16.01.2025	1,8	96	270	6	1010	10	1
17.01.2025	1,3	96	270	4	1015	7	
18.01.2025	2,5	80	270	7	1005	3	
19.01.2025	0,3	89	270	5	1015	6	
20.01.2025	-2,8	85	338	3	1015	2	
21.01.2025	-7,5	75	45	3	1030	8	
22.01.2025	-4	93	158	4	1015	10	4,5
23.01.2025	1	95	225	3	1011	10	2
24.01.2025	0,8	97	158	4	1010	10	
25.01.2025	1,3	90	180	6	1011	10	
26.01.2025	2	92	203	4	1005	8	2
27.01.2025	0,5	99	180	1	1005	10	11,5
28.01.2025	-0,5	98	158	3	1006	10	7
29.01.2025	0,3	97	158	3	1005	10	4
30.01.2025	1,5	91	180	5	1005	10	
31.01.2025	1,5	93	225	4	1010	10	
01.02.2025	1,8	92	23	3	1013	10	2
02.02.2025	-1	94	338	4	1008	10	6
03.02.2025	-5	89	23	3	1014	10	
04.02.2025	-9,5	88	0	1	1022	6	
05.02.2025	-8,8	86	158	4	1034	5	1,7
06.02.2025	-2	96	158	2	1035	10	4,3
07.02.2025	-5,3	94	203	1	1050	4	
08.02.2025	-6,3	95	135	1	1052	5	
09.02.2025	-6,5	93	158	1	1047	10	
10.02.2025	-7,8	96	248	1	1041	10	
11.02.2025	-2	91	248	2	1042	10	
12.02.2025	-1,8	90	270	4	1033	10	
13.02.2025	-2,8	94	338	2	1022	10	4,7
14.02.2025	-7,8	94	0	2	1018	9	
15.02.2025	-7,5	93	293	2	1015	8	1
16.02.2025	-9,3	93	293	2	1015	5	
17.02.2025	-10,8	94	248	1	1014	8	
18.02.2025	-7,5	95	248	3	1013	10	2,3

19.02.2025	-9,3	92	270	3	1015	6	
20.02.2025	-7,8	85	293	2	1028	3	
21.02.2025	-3,8	85	225	4	1032	4	
22.02.2025	-3,5	88	203	3	1028	9	
23.02.2025	-1,3	89	135	3	1028	7	
24.02.2025	-2,3	90	180	2	1026	6	2,4
25.02.2025	-2	86	203	3	1018	8	2,8
26.02.2025	-1,5	88	158	3	1016	9	0,8
27.02.2025	0,5	95	135	2	1021	10	0,3
28.02.2025	-1	97	315	1	1021	10	1,3