



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической
безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На тему «Инструментальная оценка содержания угарного газа вблизи
автомобильных трасс на примере Адмиралтейского, Кировского, Невского
и Приморского районов города Санкт-Петербурга»

Исполнитель Маловичко Никита Ростиславович

Руководитель: кандидат географических наук, доцент
Дроздов Владимир Владимирович

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

_____ (подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.....	7
1.1 Функционирование системы мониторинга за загрязнением атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге	7
1.2 Особенности загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания автомобильного топлива.....	12
1.3 Содержание угарного газа, оксидов азота и серы	20
2. Токсическое воздействие монооксида углерода на организм человека.....	25
2.1 Физиологическое воздействие.....	25
2.2. Средства защиты от отравления	34
3. Инструментальные измерения уровня загрязнения воздуха монооксидом углерода вдоль автомобильных трасс в Санкт-Петербурге.....	37
3.1 Характеристика прибора-анализатора.....	37
3.2 Измерения на станциях в Адмиралтейском районе	41
3.2 Измерения на станциях в Кировском районе.....	46
3.3 Измерения на станциях в Невском районе.....	51
3.4 Измерения на станциях в Приморском районе.....	56
3.5 Обобщение и анализ полученных данных	62
3.6 Оценка зависимости выброса окиси углерода в атмосферу от скорости движения легкового автомобиля.....	71
4 Практические рекомендации по снижению концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе городской среды.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Одной серьезнейших глобальных задач, стоящих перед человечеством сегодня, является решение проблемы загрязнения атмосферного воздуха. О глобальном характере проблемы, в частности, свидетельствуют многочисленные международные соглашения: Женевской конвенции о дальнем трансграничном переносе загрязняющих примесей и Протокола к ней о сокращении выбросов оксидов азота (принятых в 70-х годах), Венской конвенции о защите озонового слоя (1985) и Монреальского протокола об ограничении и запрещении производства озоноопасных хлорфторуглеводородов (1987), Конвенции об изменении климата (Рио-де-Жанейро, 1992) и Протокола об ограничении выброса парниковых газов (Киото, 1997). Тем не менее, несмотря на пристальное внимание к проблеме, в том числе на самом высоком уровне, и принимаемые меры, ежегодно объём загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, во всём мире увеличивается. Поддержанию данной тенденции способствует развитие промышленности (в особенности – предприятий энергетического комплекса), а также развитие транспорта, поскольку в результате работы двигателей внутреннего сгорания в атмосферу поступает ряд опасных загрязнителей. Повышенные концентрации поллютантов в атмосферном воздухе приводят к росту уровня заболеваемости среди населения, в первую очередь, поражающих органы дыхания (хронический кашель, астма, рак легких), а также слизистые оболочки.

По данным многочисленных исследований, концентрация аэрозолей и загрязняющих газовых смесей в атмосфере крупных городов превышают норму в десятки раз. В городах наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха происходит в результате сжигания органического топлива (нефть, газ, уголь) на тепловых электростанциях, а также в результате эксплуатации автотранспорта. При этом в городах, относящихся

согласно градостроительной классификации городов к городам-миллионерам и крупнейшим, на долю передвижных источников загрязнения приходится до 70% от общего значения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (основной объём выбросов в данной категории приходится на автомобильный транспорт).

Из ряда загрязнителей, попадающих в атмосферу от автотранспорта, одним из наиболее опасных является оксид углерода (СО, угарный газ, монооксид углерода) в газообразной форме. Его образование при работе двигателей внутреннего сгорания происходит вследствие неполного сгорания углерода в моторном топливе. К свойствам, обуславливающим опасность данного вещества для населения, относится высокая токсичность, отсутствие запаха и цвета. Угарный газ имеет способность связываться с гемоглобином крови при вдыхании, что сопровождается вытеснением из крови кислорода, вследствие чего развивается гипоксия. Сильно повышенные концентрации ПДК (ПДК по оксиду углерода составляет 1 мг/м^3) данного соединения могут привести к летальному исходу даже при непродолжительном воздействии на организм. Оксид углерода также оказывает огромное негативное влияние на окружающую среду: взаимодействуя с атмосферной влагой, угарный газ образует соединения, приводящие к повышению кислотности осадков.

Цель исследования: оценка содержания угарного газа вблизи автомобильных трасс города Санкт-Петербурга инструментальным методом с использованием портативного анализатора угарного газа «Мегеон-08005».

Задачи исследования:

1. На основе изучения литературных источников проанализировать физико-химические свойства, влияние на окружающую среду и здоровье человека монооксида углерода.
2. Проанализировать данные официальных отчётов по выбросам основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Санкт-Петербург и оценить вклад монооксида углерода в валовом выбросе от автотранспорта.

3. Провести инструментальные измерения на выбранных участках в разных районах г. Санкт-Петербурга вблизи автомобильных трасс с помощью портативного прибора-анализатора СО Мегеон.

4. Осуществить камеральную обработку данных, полученных в ходе инструментальных характеристик. Определить средние значения содержания угарного газа в приземном слое атмосферы в вечерний час пик.

5. Разработать практические рекомендации по снижению концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе городской среды.

Объект исследования – приземный слой атмосферы города Санкт-Петербург в непосредственной близости к автомобильным трассам.

Предмет исследования – концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе городской среды.

Район исследования – инструментальная оценка содержания угарного газа проводилась в четырёх районах города Санкт-Петербурга: Адмиралтейский (Садовая ул., в р-не станций метро Садовая и Сенная площадь), Кировский (в районе станций метро Ленинский проспект, Проспект Ветеранов), Невский (в районе станций метро Обухово, Пролетарская) и Приморский (в районе станций метро Озерки, Комендантский проспект).

Материалы исследования: литературные сведения в отношении особенностей влияния угарного газа на организм человека, данные об источниках и содержании угарного в городской среде, а также собственные натурные данные, полученные при измерениях содержания угарного газа в Адмиралтейском, Кировском, Невском и Приморском районах Санкт-Петербурга с использованием портативного газоанализатора «Мегеон-08005».

Методы исследования:

– теоретические (анализ научной литературы по проблеме исследования, нормативных документов и методических рекомендаций);

- картографический (создание карт для каждого из исследуемых районов);
- инструментальный (проведение полевых исследований посредством портативного прибора-анализатора «Мегеон-08005»);
- математический расчетный (определение средних значений содержания угарного газа в приземном слое атмосферы);
- сравнительный (сравнение дольных величин загрязняющих веществ в разных точках проведения замеров).

Практическая значимость: результаты исследования будут способствовать выработке рекомендаций по снижению загрязнения атмосферного воздуха города Санкт-Петербург выбросами автотранспортных средств. Полученные результаты инструментальной оценки могут дать представление о степени загрязнённости приземного слоя атмосферы в г. Санкт-Петербург монооксидом углерода.

1. Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

1.1. Функционирование системы мониторинга за загрязнением атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

Санкт-Петербург имеет статус города Федерального значения, что определяет его как самостоятельный субъект Российской Федерации. Это означает, что правительство г. Санкт-Петербург реализует как региональные, так и переданные федеральные компетенции и государственные функции в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности [23].

Для контроля за состоянием атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург была создана специальная система мониторинга за загрязнением атмосферного воздуха. Именно экологический мониторинг позволяет чётко обозначить существующие проблемы, определить целесообразность и степень приоритетности природоохранных мероприятий, проводимых в определённый период, т.е. демонстрирует, в какой степени результативны эти мероприятия, которые принимались либо принимаются с целью решения трудностей [30].

Сведения, приобретенные в процессе работы системы мониторинга за состоянием атмосферного воздуха, отражаются в ежегодных докладах, в частности – в «Государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды» [5], а также в «Докладе об экологической ситуации в г. Санкт-Петербург». [8]

Работа по мониторингу состояния атмосферного воздуха выполняется в согласовании с условиями федерального законодательства, а кроме того вместе с учётом региональных особенностей, определённых соответствующими нормативно-правовыми актами. [34]:

– Закон Санкт-Петербурга «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга»;

- Закон Санкт-Петербурга «О разграничении полномочий органов государственной власти Санкт-Петербурга в области обеспечения радиационной безопасности населения в Санкт-Петербурге»;
- Постановление Правительства Санкт-Петербурга «Об экологической политике Санкт-Петербурга на период до 2030 года»;
- Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О Комитете по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности»;
- Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О специализированной организации, осуществляющей государственный экологический мониторинг на территории Санкт-Петербурга».

В сфере контролирования качества состояния атмосферного воздуха на сегодняшний день используется «сетевой» принцип. Его сущность складывается в применении комплекса приборов замера параметров окружающей среды, связанных в посты и станции, которые в совокупности выступают в роли информативной сети с единым центром сбора и обработки данных [30].

В г. Санкт-Петербург мониторинг состояния атмосферного воздуха выполняется с применением Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (АСМ-АВ) [30].

Автоматизированная система мониторинга была создана Администрацией Санкт-Петербурга в 1996 году на основании технического задания «Автоматизированная система контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга». Первоначально (до 2006 года) система мониторинга состояния атмосферного воздуха имела другое название – Автоматизированная система контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (система УКВ) [30].

Уже после 1996 года система мониторинга атмосферного воздуха стремительно развивалась, увеличивалось количество учрежденных станций. По сравнению с 1999 годом число станций в системе мониторинга к 2020

году увеличилось в 6 раз (с 4 до 25). На рисунке 1.1 представлена динамика развития системы мониторинга атмосферного воздуха в 1999 – 2020 гг [34]. План месторасположения постов, а также станций мониторинга состояния загрязненности воздуха в пределах территории г. Санкт-Петербург изображена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.1 – Динамика развития системы мониторинга атмосферного воздуха в 1999 – 2020 гг. в Санкт-Петербурге.
[30]

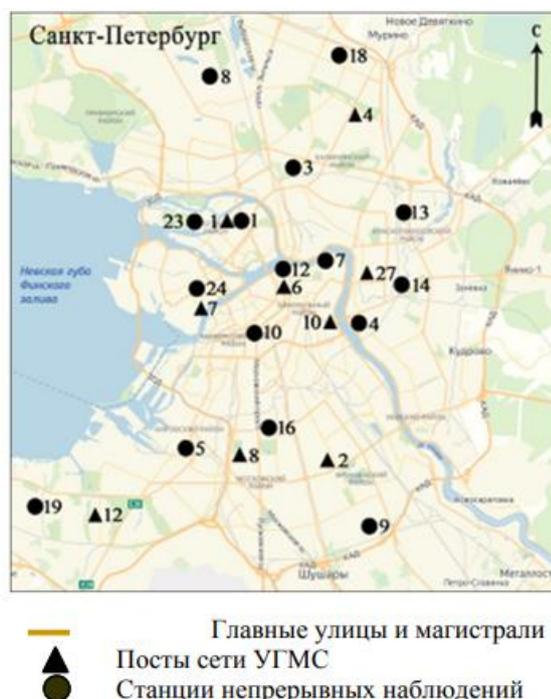


Рисунок 1.2 – Схема расположения постов и станций мониторинга состояния загрязненности воздуха на территории г. Санкт-Петербурга
[30]

Регламент функционирования АСМ-АВ гарантируется Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности (КПП ООС и ОЭБ) г. Санкт-Петербург [34].

В 2020 г. дискретные наблюдения за качеством атмосферного воздуха исполнялись на 9-ти стационарных постах Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды, относящихся к ФГБУ «Северо-Западное УГМС» [6]. В целях мониторинга состояния атмосферного воздуха используется обширный перечень способов отбора загрязняющих элементов в атмосфере: ручной отбор проб, автоматические, активные и пассивные пробоотборники с дальнейшим лабораторным анализом проб и др. Подбор способа измерений в значительной степени находится в зависимости от местоположения пункта наблюдения [34].

Постоянные наблюдения за содержанием диоксида серы, оксида углерода, оксида азота, диоксида азота, озона в приземном слое атмосферы мегаполиса были произведены с помощью газоанализаторов на станциях Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (АСМ), относящийся к Комитету по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности [30].

Главная цель, которую получилось достичь вследствие формирования системы мониторинга атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург – выбор наиболее эффективных и точных технологий измерений для приоритетных загрязняющих веществ, учитывающих последствия не только кратковременных острых воздействий, но и продолжительных хронических воздействий на человека. Измерения на станциях для приоритетных загрязняющих веществ выполняются каждый день, круглосуточно и безостановочно (72 замера в сутки для каждого загрязняющего элемента, 26280 замеров в год), гарантируют постоянное получение оперативных данных о степени загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга главными примесями, а также накопление и анализ приобретенной информации. [34].

Структура АСМ-АВ включает 2 уровня: измерительная часть, информационный и технический сервис (рис. 1.3).

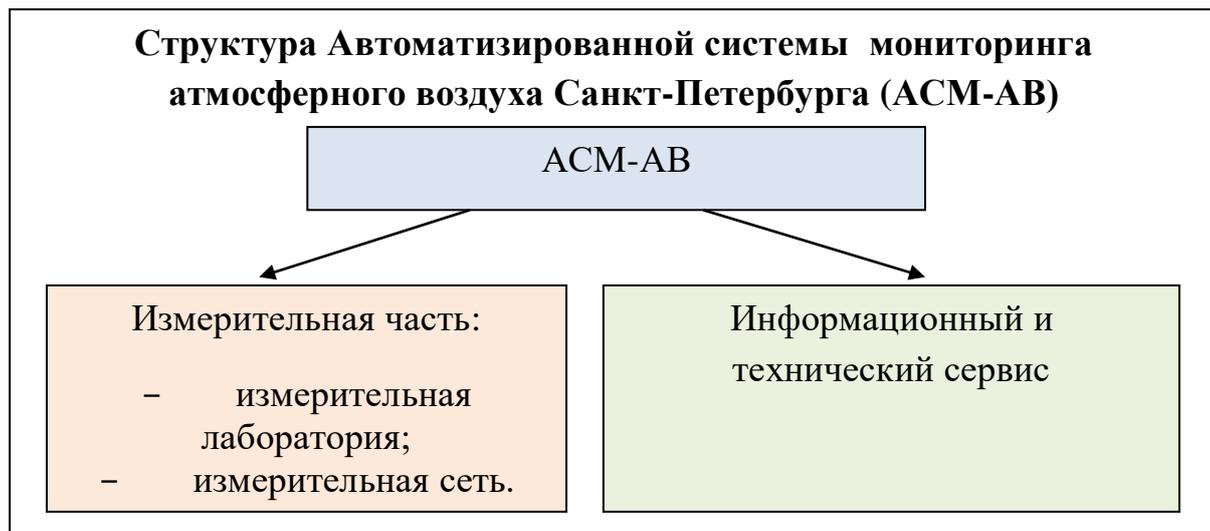


Рисунок 1.3 – Структура АСМ-АВ [18, 34]

В настоящее время структура АСМ-АВ г. Санкт-Петербург включает:

- 1) Испытательную лабораторию (69 испытательных лабораторий), совмещенную с центром сбора, обработки и хранения данных мониторинга;
- 2) измерительную сеть, а именно:
 - автоматические станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха (25, осуществляют мониторинг загрязнения АВ);
 - посты контроля уровня радиации,
 - автоматические устройства отбора проб веществ,
 - автоматические метеорологические станции;
 - передвижные лаборатории (3 передвижные лаборатории);
 - СПН (стационарные посты наблюдения – 2) [18, 34].

В г. Санкт-Петербург зоны наблюдения классифицированы согласно нормативным документам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) на следующие виды: Природная, жилая, торговая, промышленная [34].

В отдельных административных районах г. Санкт-Петербург в настоящее время сохраняются исторически сложившиеся функциональные

зоны: производственные, жилые, общественно-деловые, зоны инженерной и транспортной инфраструктур и объектов внешнего транспорта, зоны сельскохозяйственного использования, рекреационные зоны, зоны специального назначения. Наличие различных функциональных зон обуславливает неоднородность экологической обстановки в городе [6].

Пункты наблюдения в г. Санкт-Петербург подразделены на следующие типы: промышленный (14 станций); автотранспортный (7 станций); городской (2 станции); фоновый (1 станция) [8].

Мониторингом состояния атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге занимается Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал» («ГГУП СФ «Минерал»)), в основе деятельности которой лежит лицензия Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Функции компании «Минерал» включают в себя: установление степени загрязнения атмосферы; формирование, а также сохранение информации касательно загрязнения атмосферы; обеспечение потребителей достаточным объемом данных о степени загрязнения атмосферного воздуха [8].

1.2. Особенности загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания автомобильного топлива

По приблизительным оценкам аналитиков, в среднем легковой автомобиль за год поглощает из атмосферы не менее 4 т. кислорода, что сопровождается выбросом не менее 800 кг загрязняющих веществ в составе отработавших газов, наиболее опасными из которых являются: окиси углерода, окислы азота, различные углеводороды. Из указанного выше следует, что в крупных городах, к которым также относится г. Санкт-Петербург, существует ряд экологических проблем, таких как: недостаток кислорода в воздушной среде, повышенные концентрации загрязнителей, образующихся в процессе сгорания топлива [2].

Характерные черты загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания автомобильного горючего обусловлены не только лишь числом выбросов загрязняющих веществ и их химическим составом, но, кроме того, находятся в зависимости от климатических условий, которые обуславливают перемещение, рассеивание и преобразование выбрасываемых элементов [2].

Сформировавшиеся в г. Санкт-Петербурге климатические условия, в целом оцениваются как наиболее подходящие, нежели показатели в среднем по населенным пунктам Российской Федерации (морской климат, роза ветров формирует подходящие условия для рассеивания выбросов от промышленных предприятий и автомобильного транспорта). Таким образом, в соответствии со среднегодовой розой ветров (рис. 1.4), Санкт-Петербург чаще продувается ветрами юго-западных (25 %) и западных (18 %) направлений. Вследствие данной характерной черты над западными (Красносельский, Кронштадтский, Курортный, Петродворцовый) и юго-западными (Кировский, Московский) районами города показатели качества воздуха выше, чем над северными (Приморский, Выборгский, Калининский) и восточными (Красногвардейский Невский Колпинский) [8].

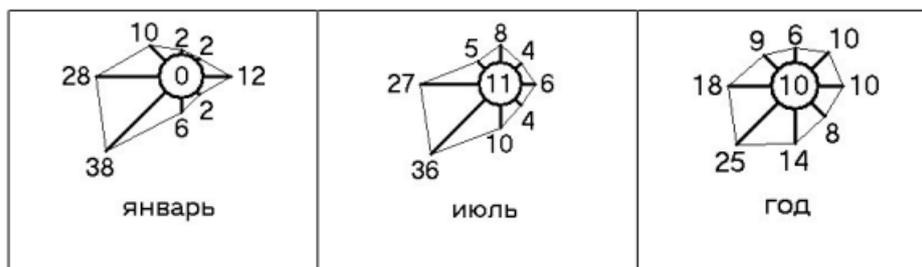


Рисунок 1.4 – Роза ветров г. Санкт-Петербург [8]

С многолетними климатическими характеристиками в г. Санкт-Петербург можно ознакомиться в «Докладе об экологической ситуации в Санкт-Петербурге». Приведём данные об основных климатических характеристиках г. Санкт-Петербурга в 2018 и 2019 гг. в сравнении с многолетними показателями (таблица 1.1) [8].

**Таблица 1.1 – Климатические характеристики Санкт-Петербурга
в 2018, 2019 гг. в сравнении с многолетними показателями [8]**

Среднегодовые данные	Многолетние	2019	2020
осадки, число дней	179	242	231
скорость ветра, м/с	2,2	1,9	2,1
повторяемость приземных инверсий, %	22,6	34,7	28,9
повторяемость застоев, %	7,6	1,9	4,1
повторяемость ветров со скоростью 0-1 м/с, %	33,5	37,8	35,1
повторяемость приподнятых инверсий, %	39,0	50,9	52,5
повторяемость туманов, %	0,6	0,2	0,1

По данным Управления ГИБДД ГУ МВД России по городу Санкт-Петербургу и Ленинградской области, в 2020 г. общее число автотранспортных (АТС) средств по г. Санкт-Петербург составило 2023720 единиц. Структура АТС по основным категориям представлена на рисунке 1.5 [8].



Рисунок 1.5 – Количество АТС в г. Санкт-Петербург в 2020 г. по категориям [8]

В 2020 г. по сопоставлению с 2019 г., общее число единиц автомобильного транспорта возросло на 1,4% (28762 единиц), при этом число легковых машин возросло на 1,5% (26901 единиц), грузовых автомашин — на 1% (на 1971 единиц), число автобусов снизилось на 0,5% (110 единиц) [8].

Динамика изменения количества выбросов загрязняющих веществ в зависимости от изменения числа автотранспортных средств (грузовые, легковые и автобусы), зарегистрированных в Санкт-Петербурге, за период с 2010 по 2020 год, отражена на графике (рис. 1.6) [8].

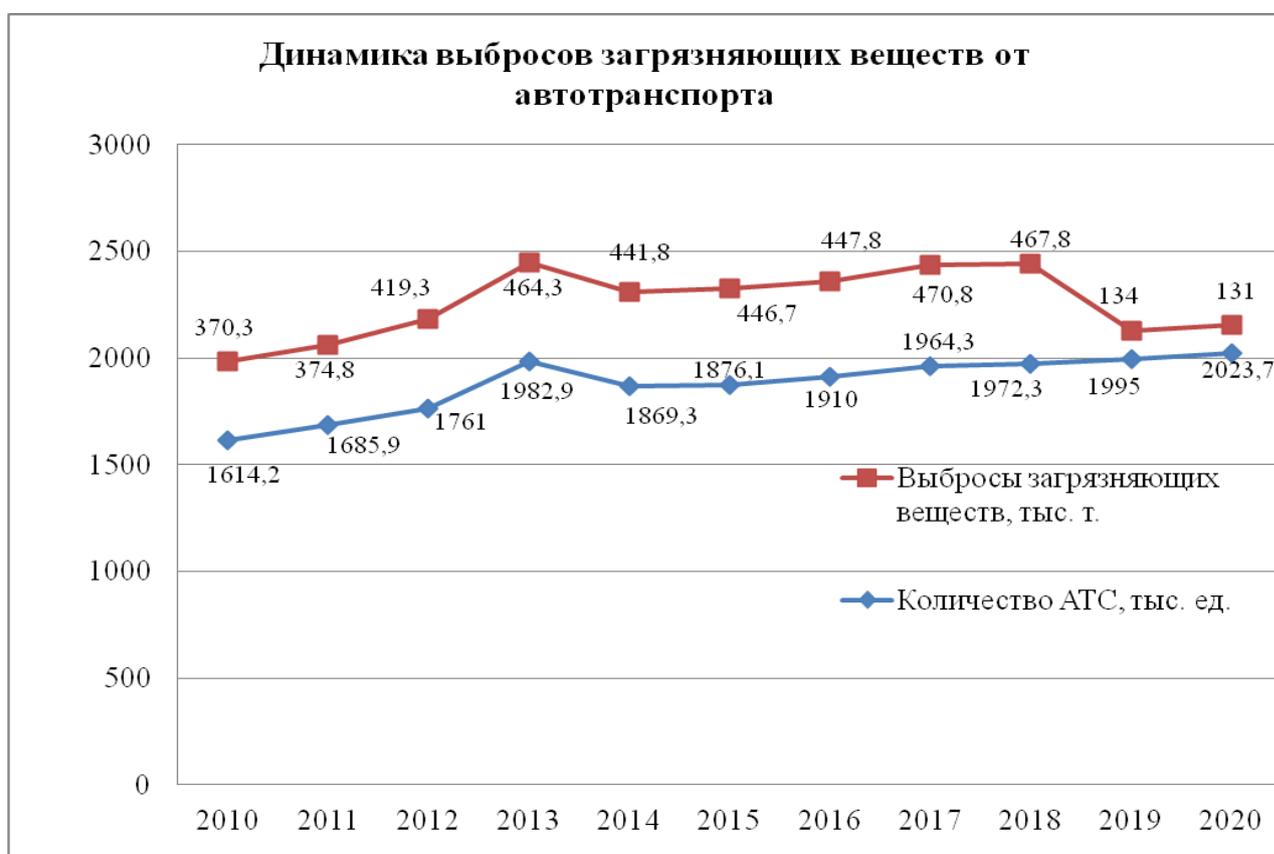


Рисунок 1.6 – Динамика выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта [8]

Из динамики выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в зависимости от числа единиц АТС следует, что данные показатели были связаны прямой зависимостью до 2018 года включительно – с увеличением единиц АТС наблюдалось увеличение выбросов загрязняющих веществ. В

2019 и 2020 году данная зависимость нарушается – несмотря на продолжающийся рост количества единиц АТС, наблюдается резкое уменьшение объёмов выбросов загрязняющих веществ. Это может быть связано с передачей в 2019 году организации работ по осуществлению федерального статистического наблюдения по форме 2-ТП (воздух) и формированию официальной статистической информации в ведение Росприроднадзора (согласно приказу Росстата от 08.11.2018 г. № 661) [8].

Актуальной для Санкт-Петербурга проблемой, связанной с увеличением единиц АТС, является проблема увеличения потоков автотранспорта в городской среде. Данный процесс характерен при быстром росте городов, сопровождающимся стихийным размещением жилых и промышленных зон, не учитывающих в достаточной мере необходимость разграничения транспортных потоков. Для решения данной проблемы сегодня предлагается ряд планировочных и технических решений, помогающих уравновесить транспортную нагрузку магистральной сети города с учётом особенностей населённого пункта, тем не менее, полностью решить проблему не всегда удаётся. Таким образом, необходимость гармоничного размещения промышленных зон и жилых районов, а также центров культурно-бытового обслуживания и мест отдыха с одновременным обеспечением разгрузки отдельных участков транспортной сети, остаётся одной из важнейших задач [8].

В среднем 20 – 30% от общей протяженности всех автодорог приходится на магистрали, нагрузка на которые составляет порядка 60-80% от общего автотранспортного потока. Таким образом, магистрали в крупных городах обычно загружены в 10-15 раз больше, чем иные места передвижения автотранспорта [2].

При работе двигателя автомобиля в общей сложности происходит выброс порядка 200 компонентов. Кроме того, состав отработавших газов для различных типов автомобильных двигателей различен по количественным характеристикам, т.е. имеет разную концентрацию

продуктов неполного сгорания. Многие из них относятся к токсичным компонентам, соответственно, оказывают негативное влияние на состояние компонентов окружающей среды и здоровье населения. В таблице 1.2 представлен примерный состав выхлопного газа и процентное содержание основных компонентов [2].

Таблица 1.2 – Компонентный состав выхлопных газов автомобиля [2]

Компоненты выхлопного газа	Содержание по объёму, %		Токсичность
	Бензиновый двигатель	Дизельный двигатель	
Азот (N ₂)	74 – 77	76 – 78	нет
Кислород (O ₂)	0,3 – 8	2 – 18	нет
Водород (H ₂)	0 – 5	-	нет
Водяной пар (H ₂ O)	3 – 5,5	0,5 – 4	нет
Диоксид углерода (CO ₂)	5 – 12	1 – 10	нет
Оксид углерода (CO)	0,1 – 10	0,01 – 5	да
Углеводороды (C _x H _y)	0,2 – 3	0,009 – 0,5	да
Альдегиды	0 – 0,2	0,001 – 0,009	да
Диоксид серы (SO ₂)	0 – 0,002	0 – 0,03	да
Сажа, г/м ³	0 – 0,04	0,1 – 1,1	да (адсорбент)
Бенз(а)пирен, г/м ³	0,01 – 0,02	0 – 0,01	да (канцероген)

Исходя из данных, представленных в таблице 2, можно выделить несколько групп компонентов выхлопного газа по химическому составу, свойствам и характеру воздействия на организм человека:

1. Малотоксичные вещества – естественные компоненты атмосферного воздуха (N₂, O₂, H₂, H₂O, CO₂).

2. Окись углерода (CO). Монооксид углерода – продукт неполного сгорания моторного топлива, ядовитый газ, не имеющий запаха и цвета. Оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки. Монооксид углерода способен образовывать устойчивые связи с гемоглобином крови, вытесняя кислород, в результате чего при вдыхании монооксида углерода наступает гипоксия. Состояние гипоксии в первую очередь оказывает разрушающее действие на нервную систему, вплоть до летального исхода.

Монооксид считают одним из факторов, способствующих развитию стенокардии.

3. Оксиды азота (NO , NO_2). Действие оксида азота влечёт раздражение слизистых оболочек; при попадании в организм вызывает образование азотной и азотистой кислот, разъедающих альвеолы легких. При воздействии на организм высокой концентрации NO_2 (свыше 0,004%) возникает отёк легких, ведущий в итоге к летальному исходу.

4. Углеводороды (соединения типа C_xH_y). Канцерогены и мутагены. Негативно влияют на нервную и сердечно-сосудистую, дыхательную системы. Представляют особую опасность для здоровья человека.

5. Альдегиды (в основном – формальдегид, акролеин, уксусный альдегид). Альдегиды оказывают раздражающее влияние на слизистые оболочки, при длительном воздействии наблюдаются нарушения работы нервной системы, поражения печени и почек. Обладают аллергическими, мутагенными, канцерогенными свойствами.

6. Дисперсные частицы, в основном – сажа. Сажа обладает адсорбирующим свойством, особую опасность представляет при соединении с бенз(а)пиреном. Дисперсные частицы оказывают раздражающее действие на органы дыхательной системы, слизистые оболочки.

7. Соединения серы (серный ангидрид, сероводород) также оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки. Сернистый газ обладает канцерогенными свойствами, при длительном воздействии вызывает поражение нервной системы.

8. Соединения свинца (при использовании этилированного бензина) поражают, в первую очередь, нервную систему, ЖКТ. Аккумулируется в костной ткани человека [2].

Структура выбросов при движении и обслуживании автомобилей представлена на рисунке 7 и имеет следующее распределение: движение АТС – 66,57–68,91%; ТО (технический осмотр) и ремонт АТС – 17,87–20,4%;

производство топлива – 11,02 – 11,41%; производство материалов для ТО и ремонта – 1,8–2,06% [2].

На рисунке 1.7 представлена структура выбросов от деятельности по эксплуатации и обслуживанию АТС.



Рисунок 1.7 – Структура выбросов от деятельности по эксплуатации и обслуживанию АТС (в %, средние значения) [2]

Ниже рассмотрим вклад отдельных групп АТС в загрязнение атмосферного воздуха различными химическими веществами. Данные представлены в таблице 1.3 [2].

Из таблицы 1.3 следует, что легковые машины а также микроавтобусы выделяют в атмосферу максимальные концентрации атомарного кислорода, грузовые машины – диоксида азота. Минимальный объём выбросов сажи у легковых машин, а максимальный – у грузовых АТС свыше 12 т [2].

Таблица 1.3 – Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ $M_{LK,i}$ (г/с), рассчитанные для различных групп автомобилей [2]

Название групп АТС	Выброс , г/с						
	СО	NO _x	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)пирен
Легковые	3,5	0,9	0,8	0,007	0,015	0,0032	0,0000003
Автофургоны и микроавтобусы, до 3,5 т	8,4	2,1	2,4	0,038	0,028	0,0084	0,0000008
Грузовые, от 3,5 до 12 т	6,8	6,9	5,2	0,4	0,051	0,022	0,0000021
Грузовые, свыше 12 т	7,3	8,5	6,5	0,5	0,073	0,025	0,0000026
Автобусы, свыше 3,5 т	5,2	6,1	4,5	0,3	0,042	0,018	0,0000018

Таким образом, увеличение объёмов выброса загрязняющих веществ, в частности за счёт передвижных источников, сегодня стали причиной существенных изменений всех компонентов окружающей среды, что отражается также на здоровье человека. Изучение особенностей загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания автомобильного топлива является необходимым условием для обеспечения комфортного проживания населения в городах.

1.3. Содержание угарного газа, оксидов азота и серы

Как уже было отмечено в предыдущем разделе, в состав выхлопного газа входят токсичные вещества, при этом большая часть объёма в процентном соотношении приходится на угарный газ (СО), оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO₂). Остановимся на указанных веществах подробнее, рассмотрев динамику выбросов за 2010-2020 гг [8].

Угарный газ. Динамика объёмов выбросов СО от АТС в 2010-2020 гг. в г. Санкт-Петербург представлена на рисунке 1.7 [8].

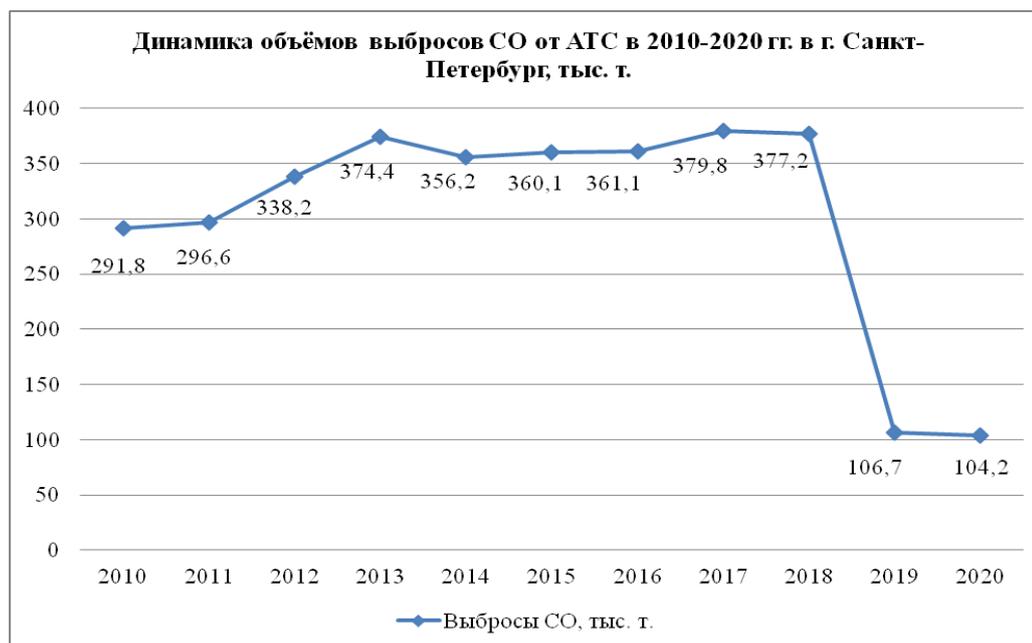


Рисунок 1.7 – Динамика объёмов выбросов СО от АТС в 2010-2020 гг. в г. Санкт-Петербург, тыс. т. [8]

Из представленных на рисунке 7 данных следует, что количество выбросов СО в воздушную среду г. Санкт-Петербург за 10 лет уменьшилось почти в 3 раза (с 291,8 тыс. тонн до 104,2 тыс. тонн). Данная динамика, однако, обусловлена изменением методики расчёта выбросов загрязняющих веществ от АТС (с 2019 г. используют методические рекомендации, утвержденные распоряжением Росприроднадзора № 37-р от 13.12.2019 г.), а не какими-либо существенными изменениями в структуре АТС. В этой связи корректнее сравнивать данные за 2010 год с данными за 2018 год, из чего следует увеличение выбросов монооксида углерода на 85,4 тыс. т (приблизительно в 1,3 раза) [8].

Вклад АТС в суммарные выбросы монооксида углерода по Санкт-Петербургу составил примерно 79% (104,2 тыс. тонн из 131,9 тыс. т общего объёма выбросов). Автотранспорт, таким образом, является основным

источником загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург монооксидом углерода [8].

Оксиды азота. Динамика объёмов выбросов NO_x от АТС за период с 2010 по 2020 гг. в г. Санкт-Петербург представлена на рисунке 1.8.

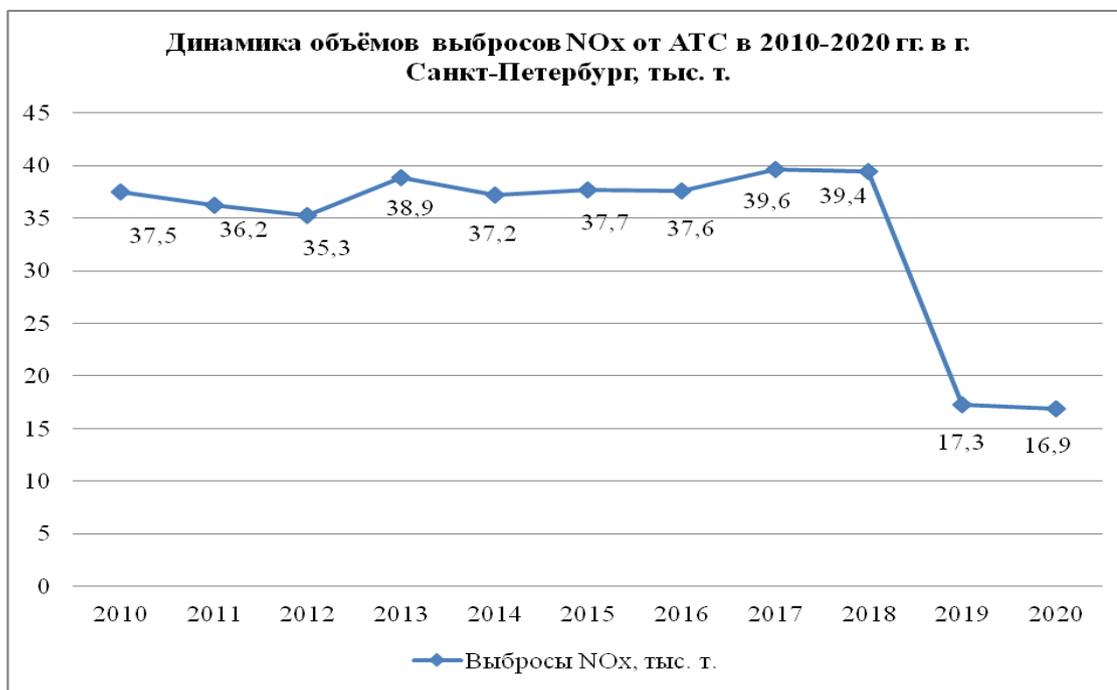


Рисунок 1.8 – Динамика объёмов выбросов NO_x от АТС в 2010-2020 гг. в г. Санкт-Петербург, тыс. т. [8]

Из представленных на рисунке 8 данных следует, что количество выбросов NO_x в воздушную среду г. Санкт-Петербург за 10 лет уменьшилось в 2,2 раза (с 37,5 тыс. тонн до 16,9 тыс. тонн), однако, как и в случае с оценкой загрязнённости атмосферного воздуха монооксидом углерода, данная динамика связана с изменением методики расчёта выбросов загрязняющих веществ от АТС. При сопоставлении данных за 2010 год с данными за 2018 год, замечается увеличение выбросов монооксида углерода на 1,9 тыс. тонн (с 37,5 тыс. тонн до 39,4 тыс. тонн соответственно) [8].

Вклад АТС в суммарные выбросы окислов азота по Санкт-Петербургу составил примерно 40% (16,9 тыс. тонн из 42 тыс. тонн общего объёма выбросов). Автотранспорт, таким образом, не является приоритетным источником загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург окислами

азота, однако вносит существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург данными соединениями [8].

Соединения серы. Динамика объёмов выбросов SO₂ от АТС в 2010-2020 гг. в г. Санкт-Петербург представлена на рисунке 1.9.

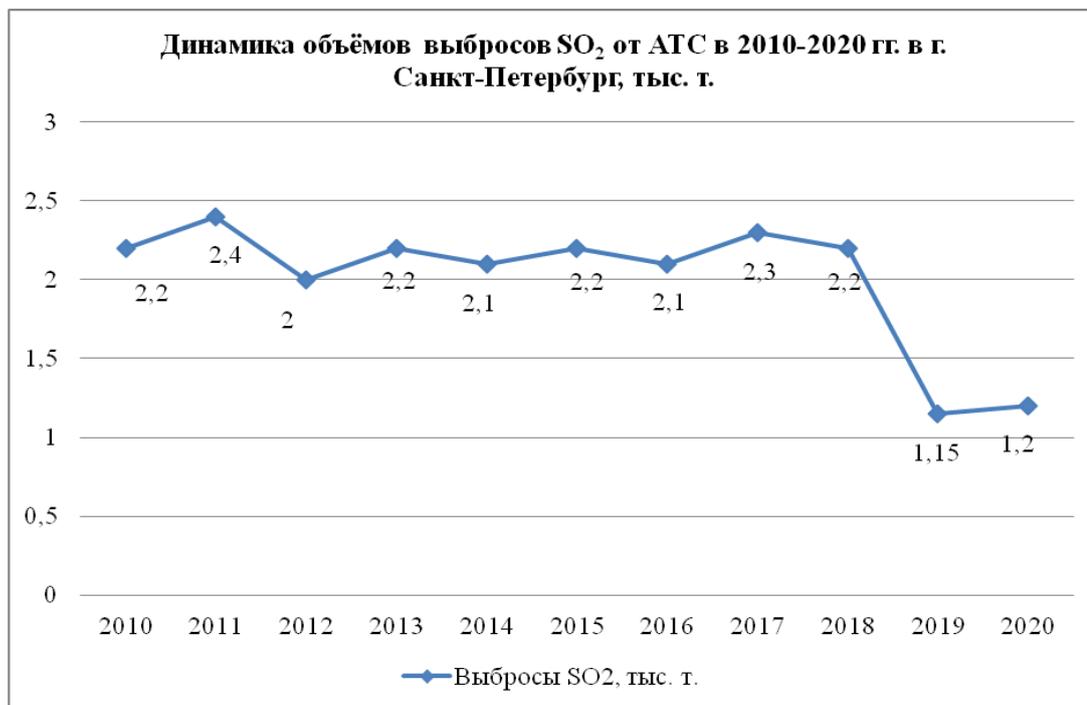


Рисунок 1.9 – Динамика объёмов выбросов SO₂ от АТС в 2010-2020 гг. в г. Санкт-Петербург, тыс. т. [8]

Из представленных на рисунке 1.9 данных следует, что количество выбросов SO₂ в воздушную среду г. Санкт-Петербург за 10 лет уменьшилось почти в 2 раза (с 2,2 тыс. тонн до 1,2 тыс. тонн). Эти изменения также следует связывать с изменением методики расчёта выбросов загрязняющих веществ от АТС. При сопоставлении данных за 2010 год с данными за 2018 год, замечается, что объём выбросов за весь рассматриваемый период изменялся в незначительных пределах, а показатели за 2010 год оказались равны показателям за 2018 год (2,2 тыс. тонн в 2010 г. и в 2018 г. соответственно) [8].

Вклад АТС в суммарные выбросы диоксида по Санкт-Петербургу составил примерно 34,3% (1,2 тыс. т из 3,5 тыс. т общего объёма выбросов). Автотранспорт, таким образом, не является приоритетным источником загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург диоксидом, тем не менее, вносит значительное вложение в загрязнение атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург данными соединениями [8].

Таким образом, в ходе анализа содержания основных компонентов выхлопного газа по объёму, – CO, NO_x, SO₂ – было установлено, что автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха монооксидом углерода в городской среде. Именно поэтому одной из задач настоящего исследования является анализ физико-химических свойств, а также влияния на окружающую среду и здоровье человека монооксида углерода. Данной проблеме посвящён следующий раздел исследования.

2. Токсическое воздействие монооксида углерода на организм человека

2.1. Физиологическое воздействие

Для понимания токсического воздействия монооксида углерода на организм человека, необходимо, в первую очередь, изучить основные химические и физические свойства соединения, подробно рассматриваемого в исследовании.

Монооксид углерода представляет (в стандартных условиях) газ с отсутствием цвета и запаха, обладающий молярной массой в 28,01 г/моль (т.е. несколько легче воздуха, молярная масса которого 28,98 г/моль). Прослеживается существенное повышение химической активности при нагревании и в растворах. Естественный уровень содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе — 0,01–0,9 мг/м³ [13].

Реакция горения совершается при температуре 700-2100°C, сопровождается окрашиванием пламени в синий тон. Процесс горения имеет цепной характер, инициаторами являются маленькие количества водородсодержащих соединений (вода, аммиак, сероводород и др.) [13].

Получение угарного газа происходит в процессе следующих реакций:

1) при горении углерода либо соединений на его основе в условиях нехватки кислорода;

2) при восстановлении диоксида углерода раскаленным углем. Реакция данного вида зачастую совершается при печной топке, в вариантах, если печную заслонку прикрывают ранее, нежели угли полностью прогорели. Возникающий при этом монооксид углерода порождает физиологические расстройства (угар), вплоть до летального финала. [13].

Монооксид углерода взрывоопасен в смеси с воздухом. Также СО реагирует с элементами 7-ой группы главной подгруппы Периодической системы, что часто приводит к образованию веществ, обладающих особой токсичностью. Например, в результате реакции монооксида углерода и

хлора, протекающей при комнатной температуре в присутствии катализатора (активированного угля), образуется фосген – чрезвычайно токсичный и удушливый бесцветный газ с запахом прелого сена [13].

Главной путь превращения СО в атмосфере – окисление гидроксидом до диоксида углерода [13].

В атмосферу монооксид углерода способен поступать равно как в следствии природных действий (в составе эруптивных и болотных газов, в следствие вспышки лесных и степных пожаров, выделения микроорганизмами, растениями, животными), так и в следствие антропогенной деятельности [13].

Каждый год с поверхностных оболочек океанов в год выделяется 220*106 тонн СО. В основном формирование монооксида углерода в океане гарантируют процессы фоторазложения красных, сине-зеленых и др. водорослей, продуктов жизнедеятельности планктона [13].

Приток угарного газа в атмосферу в процессе антропогенной деятельности совершается, в основном, за счёт:

1) Металлургия. При выплавке 1 млн. тонн стали образуется 320–400 тонн СО.

2) Нефтедобыча и нефтепереработка.

3) Химическая промышленность (производство формалина, углеводородов, аммиака и др.).

4) Угледобыча. Большое сосредоточение монооксида углерода зачастую регистрируется в угольных шахтах, а также на углеподающих магистралях, из-за протекающего там процесса самоокисления угля.

5) Использование, а также техобслуживание автомобильного транспорта. При неполном сгорании горючего в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу поступает монооксид углерода [24].

Всего в результате деятельности человека ежегодно происходит поступление 350–600 млн. тонн СО в атмосферу. Из этого объёма 56–62 % выбросов приходится на автотранспорт [24].

Отметим, что источником поступления СО в атмосферу является также табачный дым. По результатам проведённых исследований, при выкуривании одной сигареты концентрация карбоксигемоглобина в крови достигает до 4–6,5 %, при курении кальяна концентрация карбоксигемоглобина в крови достигает до 24,0–31,1 % [14].

Эндогенный монооксид углерода – один из метаболитов организма человека, формирование которого происходит в ходе воздействия фермента гемоксигеназы на гем (гемзависимая продукция). СО, таким образом, представляет собой продукт разрушения гемсодержащих белков (гемоглобина и миоглобина, цитохромов, цитохромоксидазы, каталазы). Продукция монооксида углерода в организме в среднем имеет величину 16,4 мкмоль/ч, среднесуточное содержание достигает до значения 500 микромоль (12 миллилитров) в сутки. Процедура образования эндогенного монооксида углерода считается причиной образования в крови человека небольших концентраций карбоксигемоглобина (в том числе и при условии отсутствия курения, а также применения с целью дыхания кислорода либо смеси азота с кислородом взамен обыкновенного атмосферного воздуха). В норме содержание карбоксигемоглобина в крови человека никак не превосходит 1–2 % от всех типов гемоглобина при обычном значении 1,6 %. При болезненных состояниях, сопровождаемых активацией гемолиза, продукция монооксида углерода в организме существенно повышается. Продукция СО протекает в разных органах и системах организма человека: нейронах головного мозга, клетках легких, печени, селезенки, почек и крови. Более стремительно процедура образования монооксида углерода происходит в селезёнке, где прослеживается большая динамичность гемоксигеназы [14].

Вплоть до 80 % монооксида углерода связывается гемоглобином, в результате чего образуется карбоксигемоглобин, другая доля или выводится из организма посредством легких, или окисляется до СО₂ с участием цитохромоксидазы [14].

В разных публикациях на текущий момент воздействие монооксида углерода на организм человека оценивается двойственно. Изучены некоторые позитивные стороны влияния монооксида углерода на организм человека. В частности, гипоксическая стимуляция активности гемоксигеназы в сердце с дальнейшим повышением продукции эндогенного СО приводит к уменьшению тонуса коронарных кровеносных сосудов, а также к повышению кровоснабжения миокарда. Помимо этого, согласно итогам ряда исследований, СО показывал защитное действие на кардиомиоциты изолированных сердец животных в условиях моделирования ишемии-реперфузии, а также уменьшал тяжесть реперфузионных дефектов в моделях острого инфаркта миокарда у мышей. Вместе с тем, значительно большее количество исследований подмечают отрицательные стороны влияния монооксида углерода на организм человека. К примеру, в одном из исследований Framingham Offspring Study установлено, что повышенный уровень эндогенного СО приводит к внушительному увеличению риска развития сердечно-сосудистых болезней [14].

Сведения касательно воздействию СО на тонус легочных сосудов у различных авторов зачастую обратны. Ингаляция СО приводит, сначала, к гемической гипоксии и к уменьшению кислородной емкости крови, однако ингаляции СО в небольшой концентрации, не превышающей 0,1%, обуславливают уменьшение тяжести легочной ишемии, а кроме того уменьшают отложение фибрина и динамичность воспалительного процесса в легких [14].

Таким образом, эндогенный монооксид углерода (наравне с оксидом азота, а также сероводородом) является биологическим регулятором, модулирующим процесс воспалительных реакций в организме. Ключевые функции СО как биорегулятора в организме человека:

- создание новых кровеносных сосудов в период эмбрионального развития и после травмы;
- усиление роста мышц после физических упражнений;

– обеспечение коллатерального кровообращения (создание новых сосудов при блокировании уже имеющихся) [14].

Но нужно принимать во внимание, что повышенная активность сосудистого фактора роста способна послужить причиной к формированию и росту опухолей.

Интоксикации угарным газом занимают ведущее место в статистике острых отравлений в мире. Только в Великобритании каждый год регистрируют 1000 – 1100 отравлений СО, 50 случаев оканчиваются летально [14].

В Соединенных Штатах Америки от отравления СО каждый год гибнет приблизительно 500 человек при совокупном количестве фиксируемых случаев интоксикации СО более пятнадцати тысяч [13].

Большая часть острых отравлений СО происходят в бытовых ситуациях, обусловлены, главным образом, неполным сгоранием горючего в повреждённых печах, отсутствием соответственной тяги, а также небольшими объемами здания. Профессиональные отравления могут быть обусловлены вдыханием выхлопных газов, нахождением в области пожаров, а также взрывов. Эпизоды массовых отравлений СО попадают, в основном, при появлении больших пожаров [13].

Главные источники интенсивного образования монооксида углерода:

- газовые водонагреватели,
- керосиновые печи и обогреватели,
- древесноугольные грили,
- печи, снабжаемые пропаном,
- бензиновые и дизельные электрогенераторы,
- заправляющиеся пропаном автопогрузчики,
- бензопилы,
- тягачи и буксировщики,
- лодочные моторы,

- устройства для распыления красок, лаков, растворителей и др.
[14]

В группы риска отравления угарным газом входят:

- дети,
- едущие в крытых грузовиках в конце их кузова,
- рабочие целлюлозных мельниц, сталелитейных цехов,
- работающие у коксовых печей,
- рабочие, занятые на производстве формальдегида,
- работающие в зоне пожара,
- работающие в закрытых помещениях газо- и электросварщики,
- находящиеся вблизи работающих лодочных моторов [14].

В больших населенных пунктах (в особенности в мегаполисах) вплоть до 80 % монооксида углерода поступает в атмосферу в следствие эксплуатации и обслуживания автомобильного транспорта. Максимальное число CO выделяется в случаях излишнего поступления горючего в двигатель (к примеру, при попытке завести авто на морозе), т.е. АТС, действующие в условиях низких температур (а кроме того при торможении в пробках и последующем движении автотранспортного потока в зимний период года), выделяют существенные количества CO [13].

По уровню содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе или других газовых смесях выделяют несколько групп, представленных в таблице 2.1 [13].

Таблица 2.1 – Содержание CO в воздухе или других газовых смесях

Содержание CO в воздухе (газовой смеси)	Характеристика группы
0,1 ppm	естественный базовый уровень CO в атмосфере
0,5 – 5 ppm	средний базовый уровень CO в жилых домах
5 –15 ppm	уровень CO в жилых домах вблизи правильно отрегулированной газовой плиты
100 – 200 ppm	выхлоп автомобилей в центре мегаполиса (в т.ч. Санкт-Петербург)

1000 ppm – 5000 ppm	вблизи работающего лодочного мотора
5000 ppm	камин дома, топящийся дровами
7000 ppm	неразбавленный выхлопной газ машины
30 000 ppm	неразбавленный дым сигареты

Содержание CO в газах, образующихся и выделяющихся в процессе промышленного производства, следующее:

- газы работающей вагранки содержат 13–15 % CO;
- газ, выделяемый опоками, содержит до 18 % CO;
- в доменном газе до 30 % CO;
- расплавленный и застывающий чугун выделяет газы, в состав которых входит до 3,4 % CO;
- бессемеровский (конвертерный) газ – до 25 % CO;
- газ от печей для выплавки алюминия – 32,2 % CO;
- пороховые газы – до 50 % CO;
- выхлопные газы автомобилей – 1,0 – 13,7 % CO (в зависимости от системы двигателя, вида топлива и от условий работы мотора, в среднем – 6,3 %);
- угольная пыль – 0,1 – 3,9 % CO [13].

Механизм токсического действия CO на организм включает следующие этапы:

- 1) образование карбоксигемоглобина (HbCO);
- 2) образование карбоксимиоглобина;
- 3) связывание цитохромоксидазы;
- 4) стимуляция выработки NO и активация липидной пероксидации в головном мозге [14].

Образование карбоксигемоглобина случается очень стремительно, что обуславливается большим сродством гемоглобина к монооксиду углерода, нежели к кислороду (в 250 раз более, нежели сходство к кислороду). Противоположная реакция – высвобождение гемоглобина, – имеет линейную взаимозависимость и совершается в 10 000 раз медленнее, нежели

расщепление оксигемоглобина в НЬ и O₂. Период полураспада НЬСО составляет от 23 минут (при вдыхании 100% кислорода в барокамере) вплоть до 320 минут (при вдыхании воздуха). В клинических условиях, вне зависимости от серьезности состояния больного и количества вдыхаемого им воздуха, спустя 12 часов после прекращения контакта с СО концентрация НЬСО возвратится к обычным показателям [14].

Кроме гемоглобина и миоглобина, СО перекрывает гем отдельных белков, принимающих участие в тканевом дыхании – цитохром-С-оксидазы, цитохрома С, цитохрома а₃, цитохрома Р450, каталазы, пероксидазы. Сродство к СО у данных белков существенно меньше, нежели у гемоглобина, но и высвобождение их из связи с СО совершается существенно медленнее — в течение 48–72 часов. В этот промежуток прослеживается существенное снижение энергопродукции, появляется существенный риск формирования (либо усугубления) гипоксической энцефалопатии, расстройств сердечной деятельности [14].

Как отмечалось ранее, наиболее чувствительна к гипоксии ЦНС, а именно – нейроны головного мозга. На втором месте по чувствительности – сердечно-сосудистая система [14].

Степени отравления угарным газом, их симптоматика представлены в таблице 2.2 [14].

Таблица 2.2 – Степень отравления угарным газом и возникающие СИМПТОМЫ

Степень отравления СО	Симптомы
Лёгкая степень	Головная боль, ощущение пульсации в височной области, головокружение, ухудшение остроты зрения, умеренное оглушение, тошнота, слезотечение. Наблюдаются: покраснение кожных покровов (значительно чаще отмечают не распространенную гиперемию, а легкий румянец), тахикардия, артериальная гипертензия, боли в грудной клетке, сухой

	кашель.
Средняя степень	Помимо указанных выше симптомов: усугубление тяжести оглушения, состояние сомноленции, возможно появление парезов.
Тяжёлая степень	Синкопе, развитие сопора и гипоксической комы, мышечная атония (чаще) или гипертония с гиперрефлексией (реже), судороги, ослабление пальпебральных, корнеальных рефлексов, фотореакций, появление миоза, сменяющегося двусторонним мидриазом или анизокорией, нарушается ритм дыхания, имеют место нарушения сердечного ритма, артериальная гипотензия, румянец сменяется цианозом.
Молниеносная	Пострадавший быстро впадает в кому с остановкой дыхания и декомпенсированным шоком

С целью оказания неотложной помощи, уже после проведения оценки состояния, потерпевший обязан быть выведен либо вынесен из области влияния токсичного газа. При присутствии симптоматики остановки эффективного кровообращения необходимо приступить к реанимационным мероприятиям с последовательностью операций САВ. При отсутствии признаков клинической смерти незамедлительно приступить к оксигенотерапии либо ИВЛ вместе с использованием кислорода. Больным, пребывающим в состоянии сопора и комы, следует инструментально гарантировать проходимость дыхательных путей. [14].

В качестве антидота, содействующего ускорению диссоциации карбоксигемоглобина, а также высвобождению гемоглобина, ввести пострадавшему внутривенно шестьдесят мг ацизола. При присутствии судорог либо психомоторной возбужденности уже после заблаговременного введения 0,3–0,5 миллилитров атропина сульфата применять внутривенно диазепам 10–20 мг либо тиопентал натрия 1 мг/кг массы тела. При присутствии сукцинатсодержащих антигипоксантов (реамберина, мексидола, цитофлавина) применять их равно как можно раньше [14].

Все пострадавшие нуждаются в исследовании состояния глазного дна и проведении ядерно-магнитно-резонансной компьютерной томографии головного мозга.

2.2 Средства защиты от отравления

В рекомендациях по защите населения от отравления монооксидом углерода, в первую очередь, указано соблюдение противопожарной безопасности. Кроме того, людям, имеющим производственный контакт с монооксидом углерода, надлежит проходить врачебные осмотры на базе лечебно-профилактических организаций один раз в два года, а также в центре профессиональной патологии один раз в пять лет [11].

Осмотры обязательно осуществлять с присутствием невропатолога и терапевта, с неотъемлемой регистрацией Электрокардиограммы, подсчетом эритроцитов и ретикулоцитов.

Противопоказаниями для осуществления профессиональной деятельности в данных условиях считаются присутствие проявленной вегетативно-сосудистой дисфункции, а также хронических болезней периферической нервной системы [11].

Рекомендуется применение специализированных средств защиты – изолирующего противогаза либо фильтрующего противогаза марки «СО». Рекомендуется регулярно осуществлять контроль концентрации СО в воздухе рабочей зоны и бытовых комнат с применением автоматических индикаторов СО. Автоматические индикаторы рекомендуется помещать в бойлерных и других вероятных источниках СО. При обнаружении повышенного уровня СО устройство подает аудиосигнал тревоги, предоставляя возможность пребывающим поблизости людям провентилировать участок загрязнения либо оставить здание. В отличие от датчиков задымления, индикаторы монооксида углерода обязаны быть расположены ниже уровня потолка. В ряде государств предпринимаются мероприятия с целью оборудования подобными устройствами снова

строющихся зданий, в подвалах и на каждом этаже, офисных и жилых комнат, а кроме того помещений, никак не сопряженных с постоянным проживанием (учебных заведений, учреждений здравоохранения, санаториев, а также иных строений) [11].

Рекомендуется с целью безопасной работы вместе с двигателями внутреннего сгорания, в том числе и на открытом воздухе, а тем более в малых по площади одноместных автогаражах либо подвальных помещениях, не заводить двигатель при закрытых дверях и, в любом случае, нельзя допускать его работу свыше тридцати секунд. В случае, если следует прогревать двигатель, то ворота обязательно оставить широко открытыми. Догревать на улице, в том числе и в сильный холод. Не спускаться в смотровую яму – там накапливаются выхлопные газы. Необходимо мгновенно отключать двигатель при аварийной остановке в тоннеле [11].

Лица, перенесшие легкую острую интоксикацию, при неимении остаточных явлений и осложнений, как правило, восстанавливают работоспособность в полной мере, они могут возвратиться на свою прежнюю работу [11].

Лица, перенесшие острую интоксикацию средней и тяжелой степени, впоследствии (уже после выздоровления) имеют необходимость во временном переходе на службу, никак не сопряженную с влиянием токсических веществ, до абсолютного выздоровления [11].

При присутствии устойчивых остаточных явлений интоксикации либо осложнений, в зависимости от уровня выраженности функциональных расстройств, пациенты имеют необходимость в рациональном устройстве на работу вне контакта с токсическими веществами либо могут быть признаны нетрудоспособными [11].

У лиц, перенесших тяжелую интоксикацию СО, диспансерное наблюдение не прекращается в течение двухлетнего срока, так как зачастую прослеживаются продолжительные и стойкие поражения периферических нервов по типу шейно-плечевого плексита вместе с поражением лучевого,

локтевого или срединного нерва, полиневритов с вовлечением в процесс слухового, зрительного, седалищного либо бедренного нервов. Возможно развитие астеновегетативного синдрома, токсической энцефалопатии, Корсаковского амнестического синдрома, усугубление либо развитие психических болезней [11].

3. Инструментальные измерения уровня загрязнения воздуха монооксидом углерода вдоль автомобильных трасс в Санкт-Петербурге

3.1. Характеристика прибора-анализатора

Анализ атмосферного воздуха на содержание монооксида углерода может производиться с помощью как расчётных, так и инструментальных методов. Причём для инструментальной оценки существует большое количество приборов, в основе работы которых лежат разнообразные физико-химические принципы [27].

В настоящем исследовании анализ производился с использованием портативного газоанализатора «Мегеон-08005» (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Газоанализатор «Мегеон 08005»

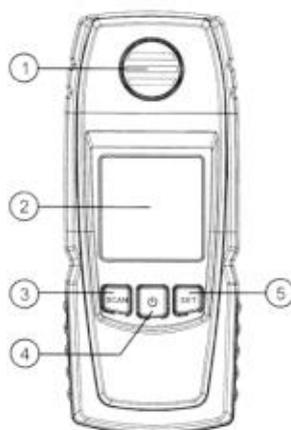
Основные характеристики прибора «Мегеон-08005», согласно руководству по эксплуатации и паспорту прибора, представлены в таблице 3.1 [27].

Таблица 3.1 – Основные характеристики газоанализатора «Мегеон-08005»

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Определяемый газ	СО в воздухе
2	Диапазон измерения	0~1000 М.Д.
3	Частотный коэффициент	1 М.Д.

4	Минимальная концентрация	1 М.Д.
5	Основная погрешность	$\pm 5\%$ (полная шкала); ± 10 М.Д.
6	Время отклика	60 секунд
7	Тип датчика	Электрохимический датчик CO
8	Рабочие условия	– температура окружающей среды: 0~50° С; – относительная влажность воздуха: 10~90 %
9	Условия хранения	– температура -10-80°С; – относительная влажность воздуха 10~75%
10	Питание	2x1.5В ААА батарея
11	Габариты	55 7x29. 9x135. 5мм
12	Вес	104 г.

На рисунке 3.2. обозначены наименования и функции элементов прибора.



1. Отверстие впуска воздуха
2. ЖК дисплей
3. Проверка/тест
4. Питание
5. Настройки

Рисунок 3.2 – Элементы и функции газоанализатора «Мегеон 08005»

Ниже, на рисунке 3.3, обозначены основные элементы ЖК-дисплея, который отображает информацию, полученную прибором.



- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Считывание данных в процессе | 6. Показатель заряда батареи |
| 2. Максимальное значение | 7. Показатель концентрации газа |
| 3. Среднее значение | 8. Единица измерения газа |
| 4. Удержание данных | 9. Данные о температуре |
| 5. Подсветка | 10. Единица измерения температуры |

Рисунок 3.2 – Элементы дисплея газоанализатора «Мегеон 08005»

Прибор оборудован звуковым сигналом: при регистрации экстремально высоких значений издаётся громкий звук, оповещающий об опасности. При регистрации концентраций в диапазоне 50-100 М.Д. издаётся прерывистый сигнал, если значение превышает 100 М.Д., звуковой сигнал становится непрерывным [27].

Для того, чтобы прибор отобразил точную концентрацию СО в воздухе, необходимо подождать 10 секунд после включения и только после этого приступить к считыванию показаний. Прибор не способен улавливать концентрации монооксида углерода в воздухе, не превышающие показатель в 1 ppm (м.д.) [27].

Перед началом работы также рекомендуется проверить установленные минимальные и максимальные значения концентрации монооксида углерода. Для этого нужно выйти в меню настроек, используя клавишу «SET». Если установленные значения не удовлетворяют целям исследования, следует изменить их в том же меню настроек с помощью длительного нажатия клавиши «SET» и последующим длительным нажатием клавиши «SCAN» до отображения необходимых значений [27].

В правилах безопасности приводятся категории токсичности монооксида углерода, каждой категории соответствуют определённые концентрации СО в воздухе. В частности, выделяются:

- Нормальная концентрация (<1 М.Д.);
- Стандартная концентрация для жилой зоны (1-9 М.Д.);
- Средняя концентрация для восьмичасового пребывания в закрытом помещении (9-50 М.Д.; в соответствии с законом РФ «О технике безопасности и гигиене труда»)
 - Предельно допустимая концентрация (100 М.Д.);
 - Концентрация, влияющая на самочувствие человека и вызывающая проявление следующих симптомов отравления: лёгкая головная боль и головокружение, общая слабость, тошнота (200 М.Д.)
 - Концентрация, вызывающая отравление средней и высокой тяжести, сопровождающееся следующими симптомами: головокружение, тошнота, гиперспазмия, при воздействии в течение 2-3 часов – летальный исход (800 М.Д.) [27].

Определение приземной концентрации СО производилось на уровне органов дыхания человека (1,5 м над уровнем земли). Измерения проводились в весенний и летний период, начиная с апреля, когда установилась сухая и тёплая погода.

При проведении инструментальных замеров рекомендуется также обращать внимание на показатель скорости ветра. От указанного параметра напрямую зависит точность показаний. При скорости ветра выше 3 м/с от проведения измерений следует отказаться.

Прибор оказался удобен в работе, важным преимуществом является его портативность, что позволяет за один день охватить сразу несколько точек, на которых производятся замеры. Была отмечена простота использования прибора – для получения данных не нужно обладать специальными навыками. Хотя прибор не подходит для проведения высокоточных измерений, он способен улавливать высокие концентрации монооксида углерода в воздухе (в том числе такие концентрации, которые превышают ПДК) и могут оказать негативное действие как на здоровье человека, так и на отдельные компоненты окружающей среды.

3.2. Измерения на станциях в Адмиралтейском районе

Адмиралтейский район г. Санкт-Петербург является историческим – в историческую часть входит значительная территория между набережными р. Нева и р. Фонтанка. Район располагается на левом берегу р. Нева, в центральной части города (рис. 3.3). Квартальные планировки сложились задолго до появления и массового распространения автотранспорта, в 18 веке [23].

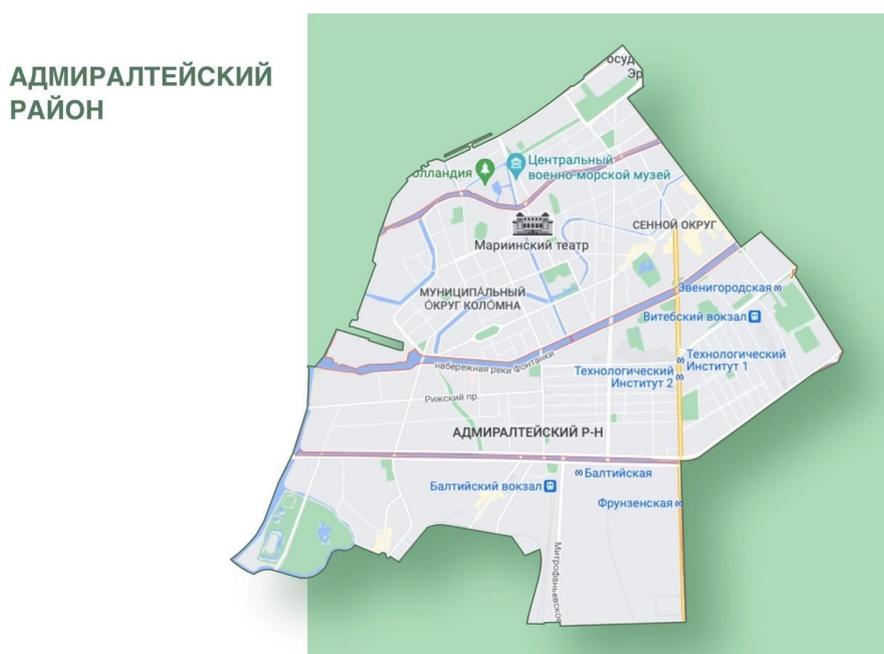


Рисунок 3.3 – Адмиралтейский район г. Санкт-Петербург

Адмиралтейский район граничит с Центральным, Кировским, Московским, а также Фрунзенским районами. Имеет сообщение с Василеостровским районом [23].

Численность населения района на 2022 год 153 735 человек, площадь района – 1382 га. Плотность населения района – 11,124 тыс. жителей на 1 км² [23].

На территории Адмиралтейского района осуществляется еженедельный лабораторный контроль качества атмосферного воздуха в четырёх контрольных пунктах: два на автомагистралях (Вознесенский пр., Садовая

ул.); один в парке «Екатерингоф», один на территории детсада № 26 (ул. Курляндская), а также на границах СЗЗ предприятий [23].

На территории Адмиралтейского района в настоящее время расположена и функционирует станция автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга – пост контроля загрязнения атмосферного воздуха AS-13 (По соглашению с ВНИИМ им. Д.И.Менделеева.), расположенный по адресу Московский пр., д.19. На станции измеряются 4 параметра: оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы [23].

В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году» [6] Адмиралтейский район отмечается в числе районов, где фиксировалась основная часть превышений гигиенических нормативов (83,6% всех отобранных проб). Увеличение количества неудовлетворительных проб, которое фиксируется на стационарных постах контроля качества атмосферного воздуха в Адмиралтейском районе по приоритетным загрязнителям связано, в частности, с проведением плановых ремонтных работ в теплый период.

В докладе [6] также отмечается недостаточное проветривание и рассеивание загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, в том числе от автотранспорта, что связано с особенностями застройки исторического центра.

Адмиралтейский район находится на 3-ем месте среди районов г. Санкт-Петербург по числу врождённых аномалий. Показатели первичной заболеваемости болезнями органов дыхания среди населения г. Санкт-Петербург в 2019 г. в Адмиралтейском районе не превышали среднегородской показатель [23].

В рамках исследования инструментальные замеры проводились в апреле 2022 года, в вечерний час пик, в интервале с 17.00 до 19.00. Даты для проведения замеров выбирались с учётом скорости ветра и температуры

воздуха. Минимальная температура воздуха, при которой проводились исследования – 4°C, максимальная – 8°C. Осадков в указанные дни не было, скорость ветра не превышала 1 м/с.

На каждой точке снимали по 15 замеров, с интервалом в 1 минуту. Фиксировали максимальное и минимальное значения, в дальнейшем высчитывали среднее значение. Замеры осуществляли на 9 точках близ наиболее загруженных автодорог, а также на 1 точке в дворовой зоне вблизи наиболее загруженных автодорог. Полученные данные представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Измерения уровня монооксида углерода в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербург

Адмиралтейский район							
№	Дата и время замеров	Температура, °С	Скорость ветра, м/с	Значения, ppm			Пространственная привязка (адрес, координаты точки)
				min	max	среднее	
1	08.04.2022 17.30	8	1	2	11	8	Московский проспект, 28 59.916719, 30.318261
2	08.04.2022 18.00	8	1	3	6	5	Набережная обводного канала, 129 59.909074, 30.318555
3	08.04.2022 18.30	10	1	2	8	5	Парфёновская, 7 59.902817, 30.312049
4	14.04.2022 17.00	6	1	<1	<1	<1	Московский проспект, 73 59.904138,

							30.313852
5	14.04.2022 17.30	7	1	3	11	9	Лермонтовская, 57-59А 59.909281, 30.297530
6	14.04.2022 18.00	6	1	3	11	8	Набережная реки Фонтанки, 151 59.909558, 30.275639
7	14.04.2022 18.30	5	1	2	10	8	Набережная реки Фонтанки, 113 59.921933, 30.317548
8	14.04.2022 19.00	4	1	2	12	9	Сенная площадь, 6 59.926550, 30.317705
9	17.04.2022 17:30	5	1	3	11	7	Набережная обводного канала, 215-217 59.909539, 30.275224
10	17.04.2022 18:30	5	1	3	8	5	Площадь труда, 3 59.931544, 30.292270

В таблице 3.2. представлены данные о времени и дате измерений, скорости ветра и температуре, а также минимальный, максимальный и средний показатели концентрации монооксида углерода в воздухе для каждой точки в ppm (М.Д – миллионных долях).

Нормальная концентрация (<1 М.Д.) зафиксирована в точке №4 по адресу Московский проспект, 73. Данная точка расположена на территории дворовой зоны.

В остальных точках средний показатель концентрации СО соответствовал значению стандартной концентрации для жилой зоны (1-9 М.Д.). Наибольшие средние концентрации были зафиксированы в точках 5, 8 и 9 (Лермонтовская, 57-59А, Сенная площадь, 6 и Набережная обводного канала, 215-217 соответственно)

Максимальная концентрация, превышающая нормальный показатель для жилой зоны, была зафиксирована в вечерний час пик в шести точках: 1 – Московский проспект, 28 (11 М.Д.); 5 – Лермонтовская, 57-59А (11 М.Д.); 6 – Набережная реки Фонтанки, 151 (11 М.Д.); 7 – Набережная реки Фонтанки, 113 (10 М.Д.); 8 – Сенная площадь, 6 (12 М.Д.); 9 – Набережная обводного канала, 215-217 (11 М.Д.). Таким образом, в 6 из 9 точек, расположенных в непосредственной близости от автодорог, фиксировали значения, которые соответствуют норме для закрытых помещений. Тем не менее, указанные концентрации не способны вызвать отравление организма даже у человека, непосредственно находящегося в пробке.

В результате обработки данных, полученных инструментальным методом, была составлена диаграмма, представленная на рисунке 3.4.

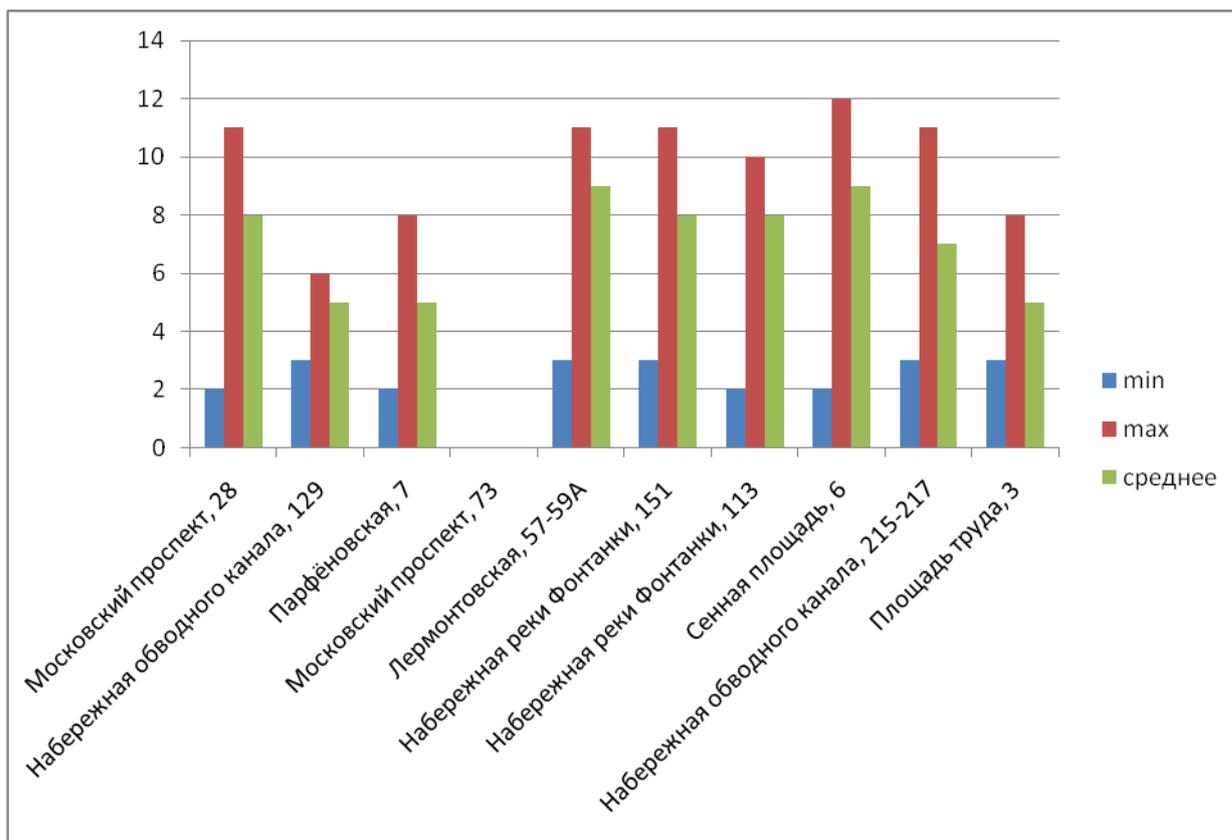


Рисунок 3.4 – Измерения в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербург

В целом, несмотря на сильную загруженность Адмиралтейского района транспортом и существенные пробки, особенно в часы пик, показатели концентрации монооксида углерода оценивается как нормальный. Превышений ПДК не обнаружено.

3.2. Измерения на станциях в Кировском районе

Кировский район г. Санкт-Петербург (рис. 3.5) располагается в юго-западной части города, имеет выход к берегу Невской губы Финского залива. Граничит с Адмиралтейским районом (на севере, граница проходит по р. Екатерингофке и пл. Стачек), с Московским районом (на востоке, по линии ж/д путей на город Ломоносов), с Красносельским районом (на юге, по проспекту маршала Жукова и р. Красенькой). В состав района входит, в том числе несколько исторических местностей: Нарвская застава, Автово, Дачное, Улянка, восточная часть Лигово, о-ва Невской губы: Гутуев,

Канонерский и Белый. Квартальные планировки окончательно сформировались в начале 20 века (в 1917 году) [23].

КИРОВСКИЙ РАЙОН

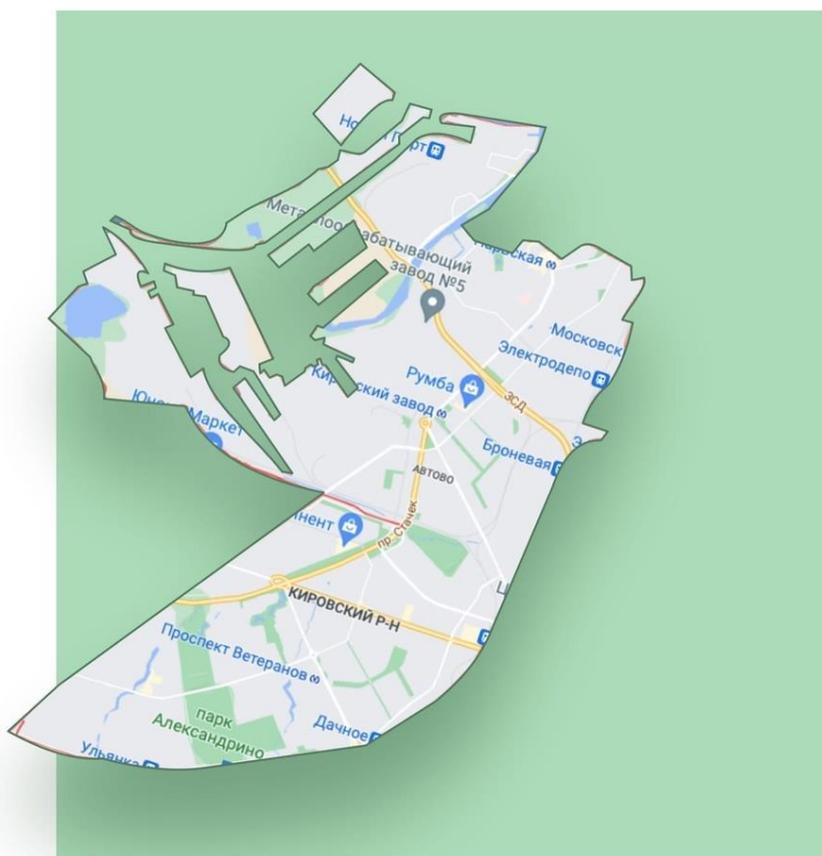


Рисунок 3.5 – Кировский район г. Санкт-Петербург

Численность населения района на 2022 год составляет 325 118 человек, площадь района – 4800 га. Плотность населения района – 6,773 тыс. жителей на 1 км² [23].

На территории Кировского района расположено большое количество промышленных предприятий, крупнейшее – Кировский завод. Также на территории Кировского района расположен Канонерский тоннель. Осуществляется еженедельный лабораторный контроль качества атмосферного воздуха [23].

На территории Кировского района в настоящее время расположена и функционирует станция автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга – пост контроля загрязнения атмосферного воздуха АСИЗВ N 5, расположенный по адресу пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3. На станции измеряются 8

параметров, в том числе оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы [23].

В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году» Кировский район отмечается как район с наибольшим суммарным показателем загрязнения атмосферного воздуха [6].

С целью понижения интенсивности движения личного легкового автотранспорта в Кировском районе функционируют «перехватывающие» автостоянки [6].

Показатели первичной заболеваемости болезнями органов дыхания среди населения г. Санкт-Петербург в 2019 г. в Кировском районе не превышали среднегородской показатель [6].

В рамках исследования инструментальные замеры проводились в апреле 2022 года, в вечерний час пик, в интервале с 16.30 до 19.30. Даты для проведения замеров выбирались с учётом скорости ветра и температуры воздуха. Минимальная температура воздуха, при которой проводились исследования – 5°C, максимальная – 10°C. Осадков в указанные дни не было, скорость ветра не превышала 3 м/с.

На каждой точке снимали по 15 замеров, с интервалом в 1 минуту. Фиксировали максимальное и минимальное значения, в дальнейшем высчитывали среднее значение. Замеры осуществляли на 9 точках близ наиболее загруженных автодорог, а также на 1 точке в дворовой зоне вблизи наиболее загруженных автодорог. Полученные данные представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Измерения уровня монооксида углерода в Кировском районе г. Санкт-Петербург

Кировский район							
№	Дата и время замеров	Температура, °С	Скорость ветра, м/с	Значения, ppm			Пространственная привязка (адрес, координаты точки)
				min	max	среднее	
1	12.04.2022 17.30	5	3	2	5	4	Дачный проспект, 17 к3 59.844996, 30.248612
2	12.04.2022 18.00	7	3	2	6	3	Кронштадская площадь, 4 59.852225, 30.238501
3	12.04.2022 18.30	6	3	2	4	2	Проспект Ветеранов, 76 59.833640, 30.218279
4	13.04.2022 16.30	9	3	1	5	3	Трамвайный проспект, 1 59.858568, 30.253610
5	13.04.2022 17.00	10	3	2	8	5	Трамвайный проспект, 32 59.855504, 30.282161
6	13.04.2022 17.30	10	3	<1	<1	<1	Трамвайный проспект, 25к1 59.853661, 30.276942
7	13.04.2022 18.00	9	3	1	4	3	Проспект Стачек, 74

							59.875989, 30.258551
8	13.04.2022 18.30	8	3	1	4	2	Краснопутиловская, 16 59.871946, 30.266263
9	13.04.2022 19.00	7	3	2	6	3	Подводника Кузьмина, 31 59.839887, 30.272748
10	13.04.2022 19.30	6	3	1	6	3	Краснопутиловская, 67 59.861436, 30.287016

В таблице 3.4. представлены данные о времени и дате измерений, скорости ветра и температуре, а также минимальный, максимальный и средний показатели концентрации монооксида углерода в воздухе для каждой точки в ppm (М.Д – миллионных долях).

Нормальная концентрация (<1 М.Д.) зафиксирована в точке №6 по адресу Трамвайный проспект, 25к1. Данная точка расположена на территории дворовой зоны.

В остальных точках средний показатель концентрации СО соответствовал значению стандартной концентрации для жилой зоны (1-9 М.Д.). Наибольшая средняя концентрация была зафиксирована в точке 5 по адресу Трамвайный проспект, 32 – 5 М.Д.

Максимальных концентраций, превышающих нормальный показатель для жилой зоны, не было зафиксировано даже в вечерний час пик. Таким образом, зафиксированные во всех точках указанные концентрации не способны вызвать отравление организма даже у человека, непосредственно находящегося в пробке.

В результате обработки данных, полученных инструментальным методом, была составлена диаграмма, представленная на рисунке 3.6.

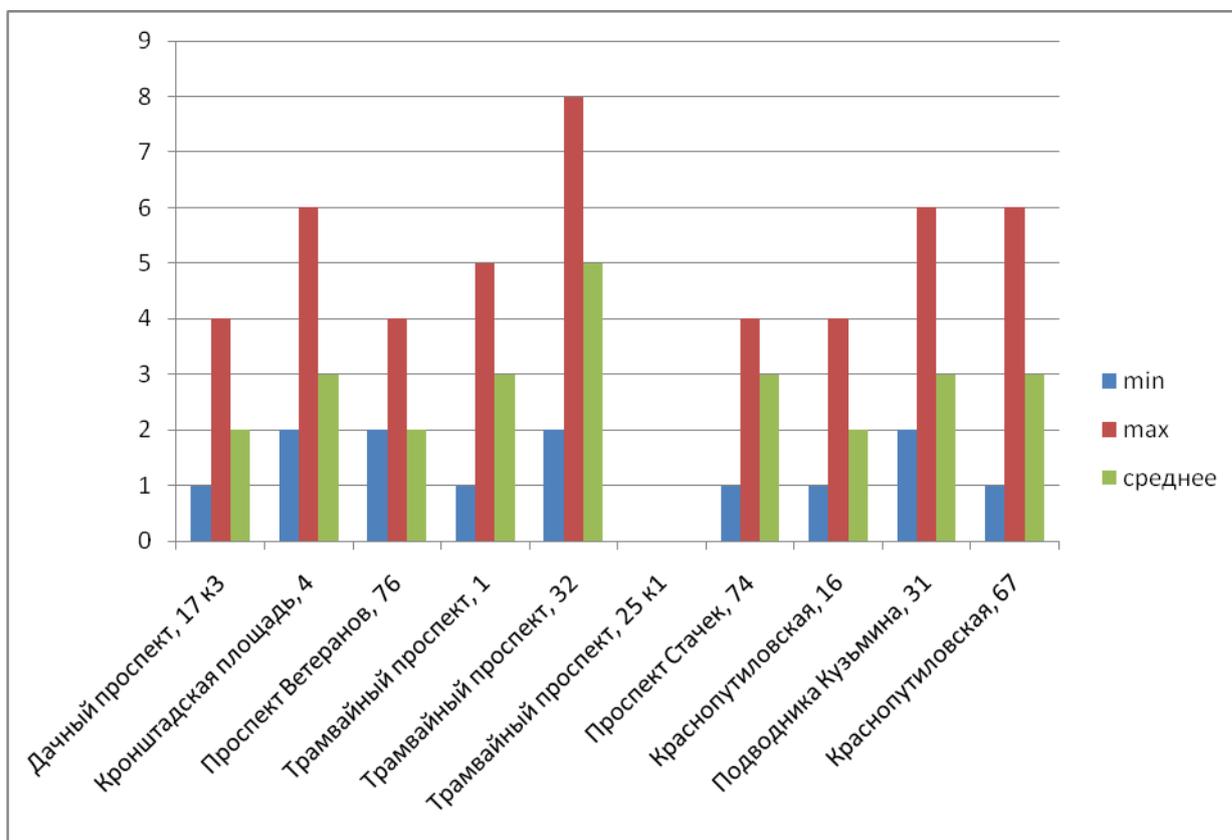


Рисунок 3.6 – Измерения в Кировском районе г. Санкт-Петербург

В целом, концентрации монооксида углерода в Кировском районе даже вблизи оживлённых автодорог остаётся в пределах нормы, даже в вечерние часы пик. Показатели концентрации монооксида углерода ниже, чем в Адмиралтейском районе, что может свидетельствовать о более удобной организации транспортной сети.

3.3. Измерения на станциях в Невском районе

Невский район г. Санкт-Петербург (рис. 3.7) располагается на юго-востоке города, поделён на две части р. Нева, из-за чего является единственным районом, территория которого лежит на обоих берегах. До

марта 1917 года являлся пригородом, который затем преобразовали в район г. Санкт-Петербурга [23].

НЕВСКИЙ РАЙОН

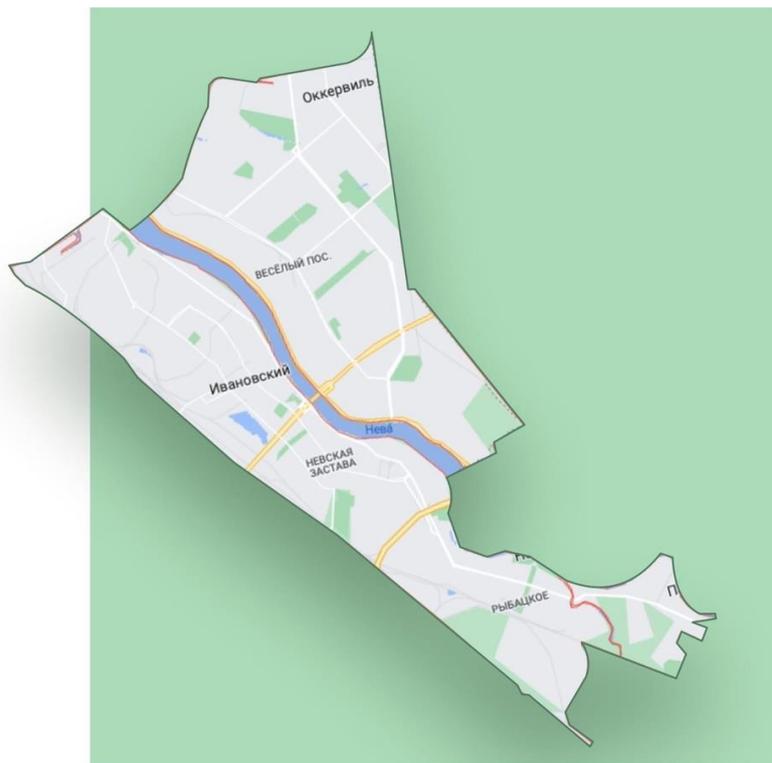


Рисунок 3.7 – Невский район г. Санкт-Петербург

Граничит с Красногвардейским, Фрунзенским, Центральным и Колпинским районами г. Санкт-Петербург, а также с Всевожским районом Ленинградской области. Площадь Невского района — 6,2 тысячи га, численность населения района на 2022 год — 540 415 человек. Плотность населения района – 8,716 тыс. жителей на 1 км² [23].

На территории Невского района расположены следующие исторические территории: Щемиловка, Смоленское, Александровка, Белевское поле, Мурзинка, Рыбацкое и Усть-Славянка – на левом берегу р. Нева; Весёлый Посёлок, Станция Нева, Сосновка, Уткина заводь – на правом берегу р. Нева [23].

На территории Невского района в настоящее время расположена и функционирует станция автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга – пост контроля загрязнения атмосферного воздуха АСИЗВ N 6, расположенный по

адресу наб.реки Оккервиль, д.2. На станции измеряются 6 параметров, в том числе оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы [23].

В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году» отмечается, что Невский район входит в число районов с наибольшим числом проб воздуха с превышением гигиенических нормативов [6].

Показатели первичной заболеваемости болезнями органов дыхания среди населения г. Санкт-Петербург в 2019 г. в Невском районе превышали среднегородской показатель (Невский район на 6-ом месте по первичной заболеваемости болезнями органов дыхания). В Невском районе зафиксировано наибольшее превышение среднегородского показателя (159,7 на 100 000 населения) заболеваемости бронхитом хроническим и неуточненным, эмфиземой. Район находится на втором месте по заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом [6].

В рамках исследования инструментальные замеры проводились в мае 2022 года, в вечерний час пик, в интервале с 17.00 до 19.00. Даты для проведения замеров выбирались с учётом скорости ветра и температуры воздуха. Минимальная температура воздуха, при которой проводились исследования – 7°C, максимальная – 12°C. Осадков в указанные дни не было, скорость ветра не превышала 2 м/с.

На каждой точке снимали по 15 замеров, с интервалом в 1 минуту. Фиксировали максимальное и минимальное значения, в дальнейшем высчитывали среднее значение. Замеры осуществляли на 9 точках близ наиболее загруженных автодорог, а также на 1 точке в дворовой зоне вблизи наиболее загруженных автодорог. Полученные данные представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Измерения уровня монооксида углерода в Невском районе г. Санкт-Петербург

Невский район							
№	Дата и время замеров	Температура, °С	Скорость ветра, м/с	Значения, ppm			Пространственная привязка (адрес, координаты точки)
				min	max	среднее	
1	02.05.2022 17.30	9	2	2	11	8	Седова, 18 59.896361, 30.410065
2	02.05.2022 18.00	9	2	< 1	< 1	< 1	Большой Смоленский, 12 (двор) 59.897801, 30.413629
3	02.05.2022 18.30	11	2	3	9	8	Седова, 14 (кольцевая развязка) 59.901480, 30.401602
4	13.05.2022 17.00	9	2	2	8	6	ост. Ткачей (ул. Бабушкина) 59.890735, 30.418228
5	13.05.2022 17.30	12	2	3	8	6	Седова, 37 (мед. центр Кристалл) 59.888124, 30.421506
6	13.05.2022 18.00	10	2	1	5	3	Седова, 75 (перекрёсток) 59.873342, 30.436975
7	13.05.2022	9	2	2	7	5	Проспект

	18.30						Обуховской обороны, 219 59.865863, 30.467328
8	13.05.2022 19.00	7	2	2	6	3	Проспект Обуховской обороны, 142 59.843025, 30.484968
9	14.05.2022 17:30	11	2	3	9	6	Проспект Большевииков, 19Б 59.906758, 30.482321
10	14.05.2022 18:30	8	2	3	8	6	Российский проспект, 1 59.919834, 30.469896

В таблице 3.4. представлены данные о времени и дате измерений, скорости ветра и температуре, а также минимальный, максимальный и средний показатели концентрации монооксида углерода в воздухе для каждой точки в ppm (М.Д – миллионных долях).

Нормальная концентрация (<1 М.Д.) зафиксирована в точке №2 по адресу Большой Смоленский, 12. Данная точка расположена на территории дворовой зоны.

В остальных точках средний показатель концентрации СО соответствовал значению стандартной концентрации для жилой зоны (1-9 М.Д.). Наибольшая средняя концентрация была зафиксирована в двух точках: 1 – Седова, 18 (8 М.Д.); 3 – Седова, 14 (8 М.Д.).

Максимальная концентрация, превышающая нормальный показатель для жилой зоны, была зафиксирована один раз в вечерний час пик в точке №

1 по адресу ул. Седова, 18 (11 М.Д.). Тем не менее, зафиксированные во всех точках указанные концентрации не способны вызвать отравление организма даже у человека, непосредственно находящегося в пробке.

В результате обработки данных, полученных инструментальным методом, была составлена диаграмма, представленная на рисунке 3.8.

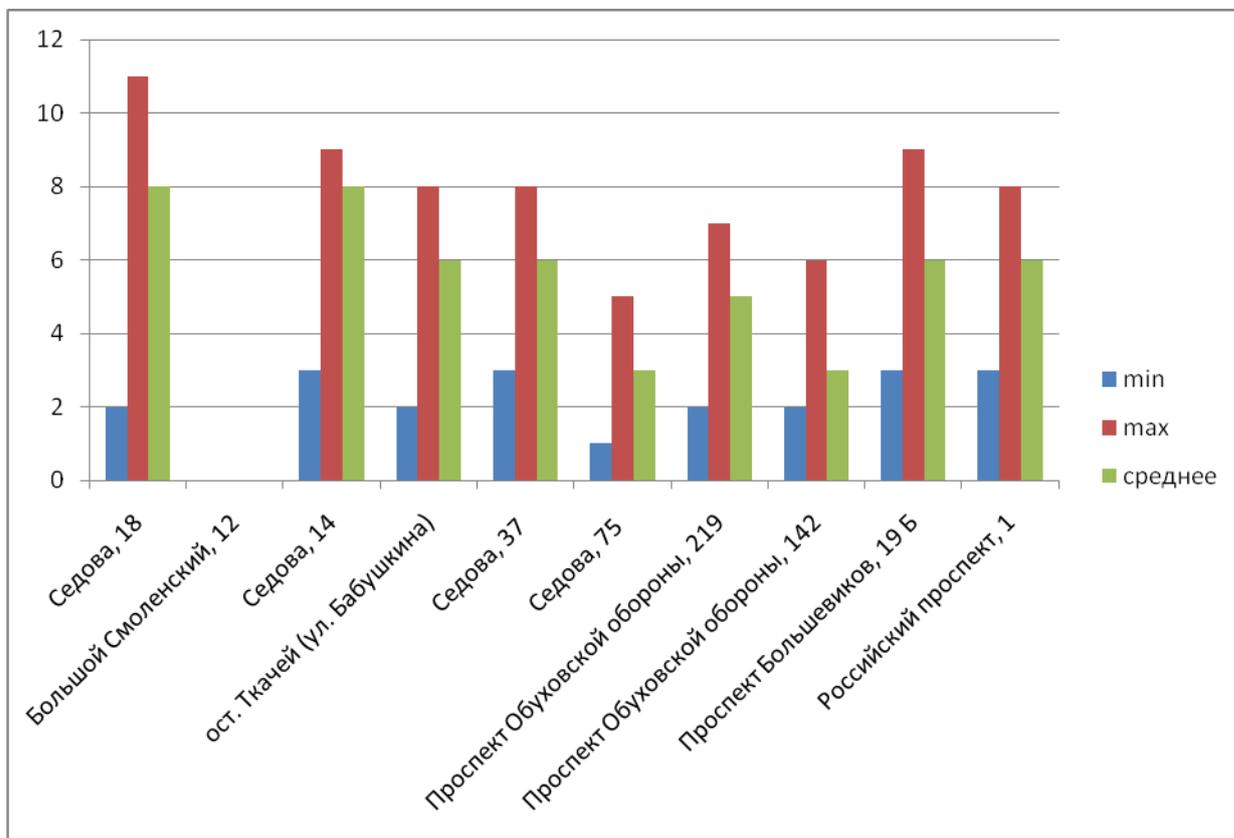


Рисунок 3.8 – Измерения в Невском районе г. Санкт-Петербург

В целом, концентрации монооксида углерода в Невском районе даже вблизи оживлённых автодорог остаётся в пределах нормы, в том числе в вечерние часы пик.

3.3. Измерения на станциях в Приморском районе

Приморский район г. Санкт-Петербург (рис. 3.7) располагается на северо-западе, между центральной частью города, характеризующейся плотной застройкой, и курортной зоной. По территории района проходит трасса, соединяющая Санкт-Петербург с Финляндией, т.е. район имеет статус «буферного» [23].

ПРИМОРСКИЙ РАЙОН

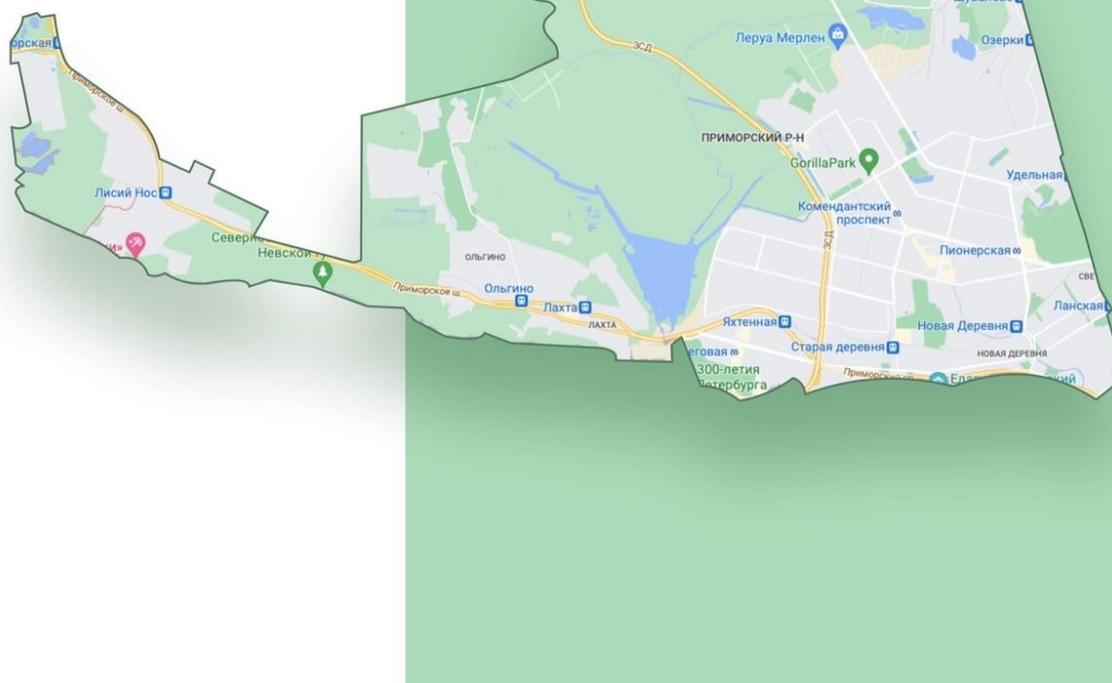


Рисунок 3.9 – Приморский район г. Санкт-Петербург

Граничит с Курортным, Выборгским и Петроградским районами. Площадь Приморского района — 10,99 тысяч га, численность населения района на 2022 год — 585 554 человек. Плотность населения района – 5,33 тыс. жителей на 1 км² [23].

Район является относительно «новым», застройка происходила в несколько «волн». Первая волна жилищного строительства началась в начале 1970-х годов, сооружались панельные здания 602 серии. В 1980-е годы сооружали в основном здания 137 серии и 1-504Д2, при этом многие стройки были заморожены вплоть до середины 1990-х годов. В 2000-е годы начался этап строительства, называемый «уплотнительной застройкой», а к 2010-м годам строительство приобрело характер сооружения комплексных кварталов. До 2005 года район считался плохо благоустроенным, однако, к настоящему моменту, здесь сформировалась комфортная для проживания инфраструктура, в том числе – транспортная. Ранее существовала проблема, обусловленная тем, что основная территория района расположена за

железнодорожными путями, из-за чего возникали множественные пробки. Эта проблема была решена сооружением новых магистралей, выходов и развязок:

- Кольцевая дорога, открытая в 2011 году (на севере примыкает к Приморскому р-ну);

- ЗСД – платная трасса, которая обеспечила возможность быстрого проезда к Кронштадту и Курортному району без городских пробок. С 2016 года началась эксплуатация центрального участка ЗСД и появилось удобное транспортное сообщение с Василеостровским и Кировским районами города.

- Продолжение Суздальского шоссе (с 2015 года) позволило решить проблему транспортной доступности в направлении северной части Выборгского района.

- В 2017 году был открыт Поклонногорский путепровод, существенно упрощающий сообщение с Выборгским районом [23].

На территории Приморского района в настоящее время расположена и функционирует станция автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха Санкт-Петербурга – пост контроля загрязнения атмосферного воздуха АСИЗВ N 8, расположенный по адресу ул. Королева, д.36, корп.8. На станции измеряются 4 параметра, в том числе оксид углерода [23].

В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году» отмечается, что Приморский район по показателям первичной заболеваемости болезнями органов дыхания среди населения г. Санкт-Петербург в 2019 г. находился на втором месте. Район находится на третьем месте по заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом [6].

В рамках исследования инструментальные замеры проводились в апреле 2022 года, в вечерний час пик, в интервале с 16.30 до 19.30. Даты для проведения замеров выбирались с учётом скорости ветра и температуры воздуха. Минимальная температура воздуха, при которой проводились

исследования – 6°C, максимальная – 13°C. Осадков в указанные дни не было, скорость ветра не превышала 2 м/с.

На каждой точке снимали по 15 замеров, с интервалом в 1 минуту. Фиксировали максимальное и минимальное значения, в дальнейшем высчитывали среднее значение. Замеры осуществляли на 9 точках близ наиболее загруженных автодорог, а также на 1 точке в дворовой зоне вблизи наиболее загруженных автодорог. Полученные данные представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Измерения уровня монооксида углерода в Приморском районе г. Санкт-Петербург

Приморский район							
№	Дата и время замеров	Температура, °С	Скорость ветра, м/с	Значения, ppm			Пространственная привязка (адрес, координаты точки)
				min	max	среднее	
1	20.04.2022 17.00	10	2	2	6	4	Савушкина, 128к1 59.988690, 30.202391
2	20.04.2022 18.00	11	2	< 1	< 1	< 1	Богатырский проспект, 28 60.002392, 30.245030
3	20.04.2022 19.00	13	2	1	5	2	Проспект Королёва, 30к1 60.013370, 30.263353
4	22.04.2022 16.30	12	1	2	6	4	Проспект Сизова, 2 59.999672, 30.269165
5	22.04.2022	12	1	3	9	6	Коломяжский проспект, 26 Б

	17.00						60.003238, 30.297476
6	22.04.2022 18.00	11	1	3	10	5	Проспект Сизова, 25 60.017082, 30.279039
7	22.04.2022 19.00	10	1	2	8	3	Вербная, 8 к2 60.023418, 30.281470
8	22.04.2022 19.30	10	1	2	6	4	Коломяжский проспект, 2 Б 59.991465, 30.298392
9	25.04.2022 17:30	6	2	2	10	4	Богатырский проспект, 55 к1 60.006895, 30.212985
10	25.04.2022 18:30	6	2	1	5	4	Оптиков 51 к1 60.003247, 30.195679

В таблице 3.5. представлены данные о времени и дате измерений, скорости ветра и температуре, а также минимальный, максимальный и средний показатели концентрации монооксида углерода в воздухе для каждой точки в ppm (М.Д – миллионных долях).

Нормальная концентрация (<1 М.Д.) зафиксирована в точке №2 по адресу Богатырский проспект, 28. Данная точка расположена на территории дворовой зоны.

В остальных точках средний показатель концентрации СО соответствовал значению стандартной концентрации для жилой зоны (1-9 М.Д.). Наибольшая средняя концентрация была зафиксирована в двух точках:

5 – Коломяжский проспект, 26 Б (6 М.Д.); 9 – Богатырский проспект, 55 к1 (6 М.Д.).

Максимальная концентрация, превышающая нормальный показатель для жилой зоны, была зафиксирована в вечерний час пик в точке № 6 по адресу Проспект Сизова, 25 (10 М.Д.), а также в точке №9 по адресу Богатырский проспект, 55 к1 (10 М.Д.). Тем не менее, зафиксированные во всех точках указанные концентрации не способны вызвать отравление организма даже у человека, непосредственно находящегося в пробке.

В результате обработки данных, полученных инструментальным методом, была составлена диаграмма, представленная на рисунке 3.10.

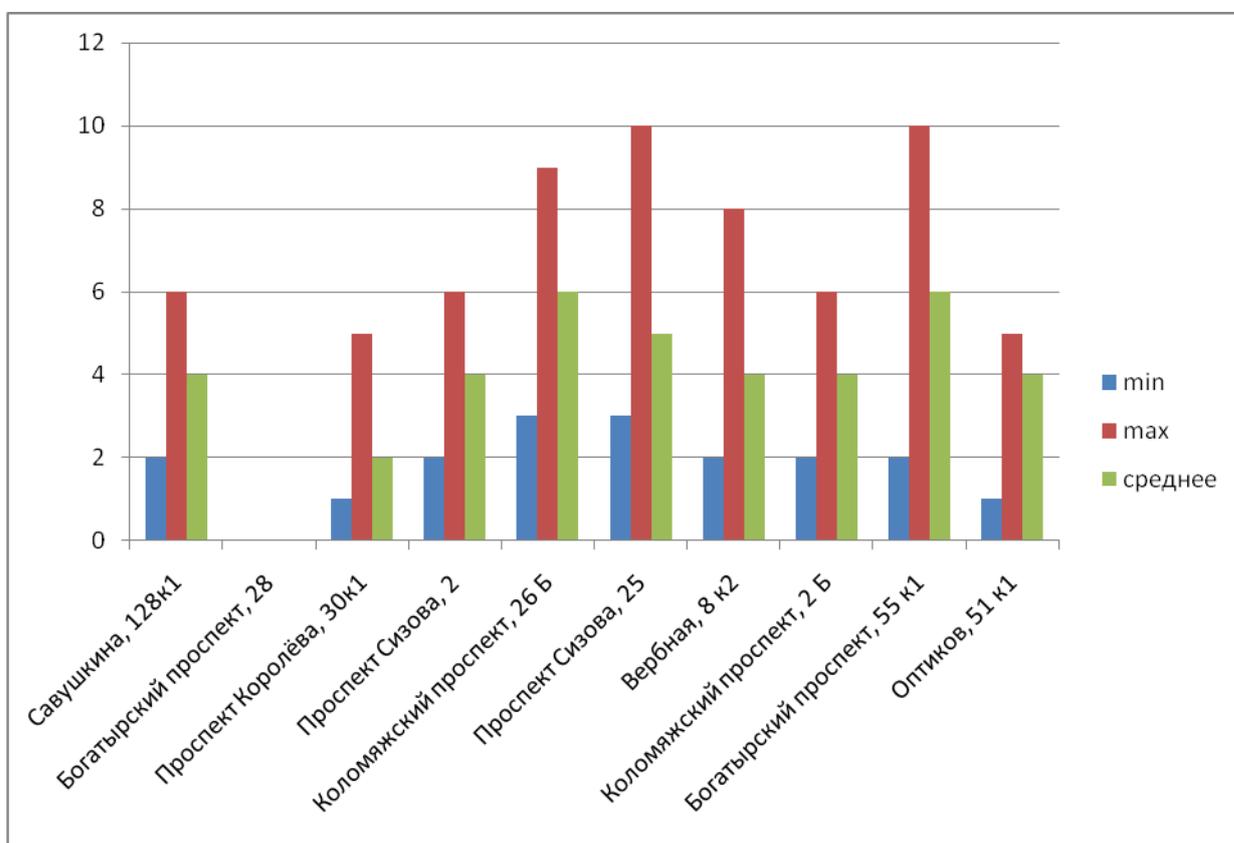


Рисунок 3.10 – Измерения в Приморском районе г. Санкт-Петербург

В целом, концентрации монооксида углерода в Приморском районе даже вблизи оживлённых автодорог остаётся в пределах нормы, в том числе в вечерние часы пик.

3.5 Обобщение и анализ полученных данных

После проведения инструментальных замеров в каждом из исследуемых районов и последующей обработки данных, возникла необходимость их обобщения для проведения дальнейшей аналитической работы.

Поскольку концентрации монооксида углерода на дворовых территориях во всех районах оказались нормальными и примерно равными (менее 1 М.Д.), они не учитывались при вычислении средних показателей.

Таким образом, для каждого из четырёх районов были вычислены средние показатели концентрации монооксида углерода, средняя температура и скорость ветра по девяти точкам, на которых осуществлялись замеры. В итоге была составлена сводная таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Усреднённые показатели концентрации монооксида углерода по районам Санкт-Петербурга

Название района	Кол-во точек	Средняя температура, °С	Средняя скорость ветра, м/с	Значения, ppm		
				min	max	среднее
Адмиралтейский	9	6,4	1	3	10	7
Кировский	9	7,4	3	1,6	5	3
Невский	9	9,6	2	2	8	6
Приморский	9	10	1,4	2	7	4

Как следует из таблицы 3.6, наиболее высокие концентрации монооксида в воздухе фиксируются в Адмиралтейском районе (7 М.Д.), на втором месте – Невский район (6 М.Д.), на третьем – Приморский (4 М.Д.), а на четвёртом – Кировский (3 М.Д.) (рис. 3.11).

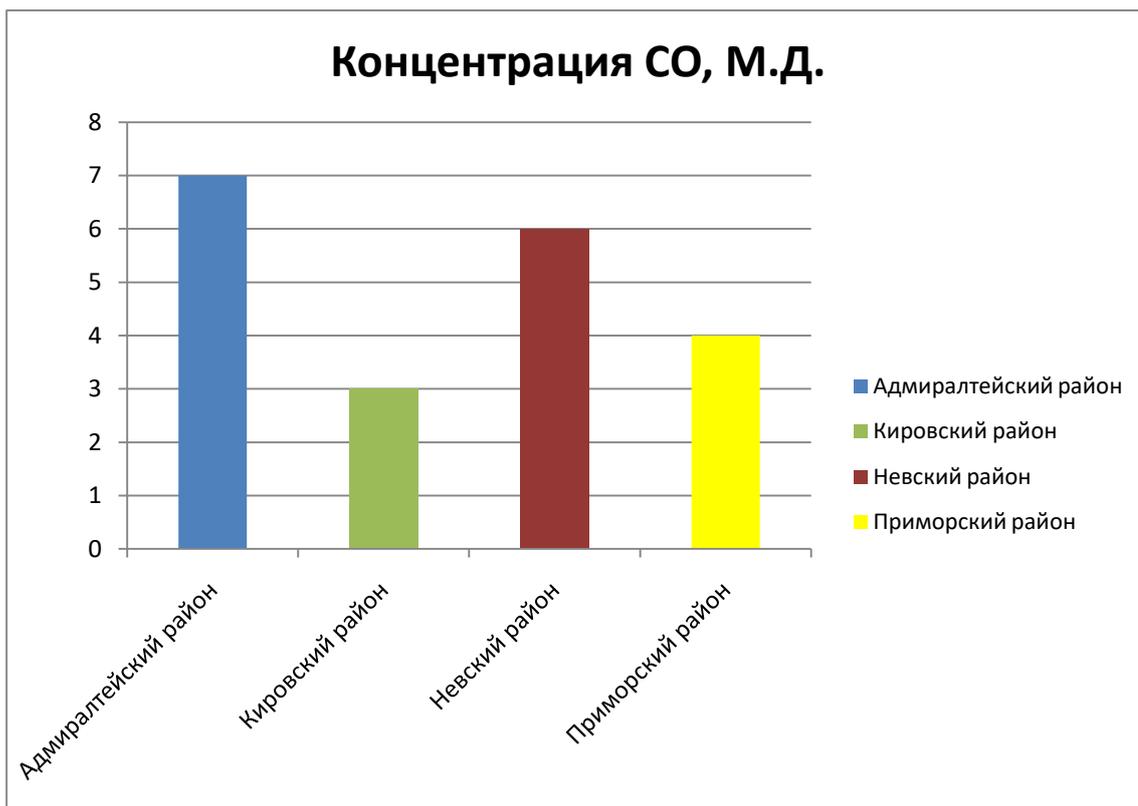


Рисунок 3.12 – Концентрации CO в районах г. Санкт-Петербург

Необходимо, однако, учитывать, что на точность измерений могли существенно влиять погодные условия.

К основным факторам, которые необходимо учитывать при проведении инструментальных замеров, относятся температура воздуха (выше 0°C) и скорость ветра (не выше 3 м/с).

Зависимость концентрации монооксида углерода в воздухе от температуры воздуха отражена на графике ниже (рис. 3.12).

Зависимость концентрации монооксида углерода в воздухе от температуры воздуха

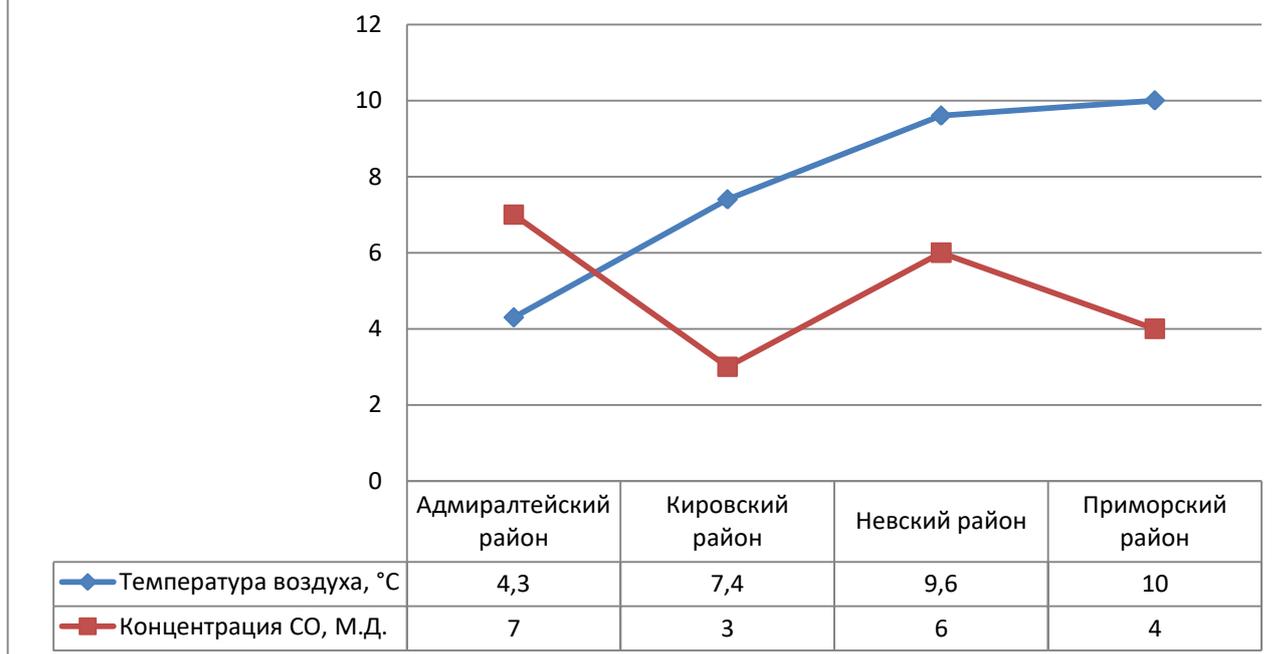


Рисунок 3.12 – Зависимость концентрации СО от температуры воздуха

Как видно из графика, представленного на рисунке 3.12, не наблюдается прямой зависимости между повышением температуры и ростом концентрации монооксида углерода в воздухе, характерной для закрытых помещений. Это, вероятно, можно объяснить особенностями застройки, инженерными особенностями транспортной сети, а также необходимостью учёта скорости ветра.

На рис. 3.13 рассматривается зависимость концентрации СО от скорости ветра.

Зависимость концентрации монооксида углерода в воздухе от скорости ветра

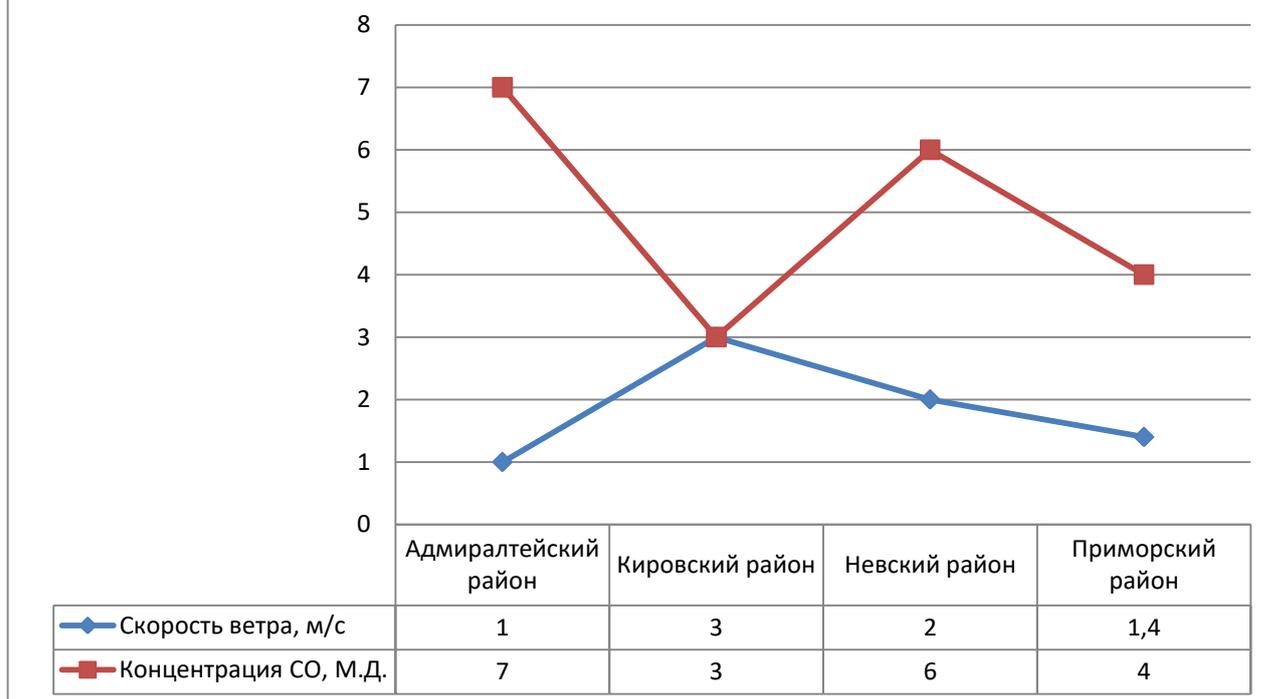


Рисунок 3.13 – Зависимость концентрации СО от скорости ветра

Чёткой зависимости между скоростью ветра и концентрацией СО выявлено не было, вероятнее всего, это связано с тем, что при проведении замеров было соблюдено необходимое условие – скорость ветра не выше 3 м/с. Другими факторами, помешавшими проследить чёткую зависимость, могли послужить разные типы и плотность застройки районов.

Указанные районы имеют разную площадь (рис. 3.14) и численность населения (рис. 3.15). По численности населения и площади районы располагаются в следующем порядке (по убыв.): Приморский, Невский, Кировский, Адмиралтейский.

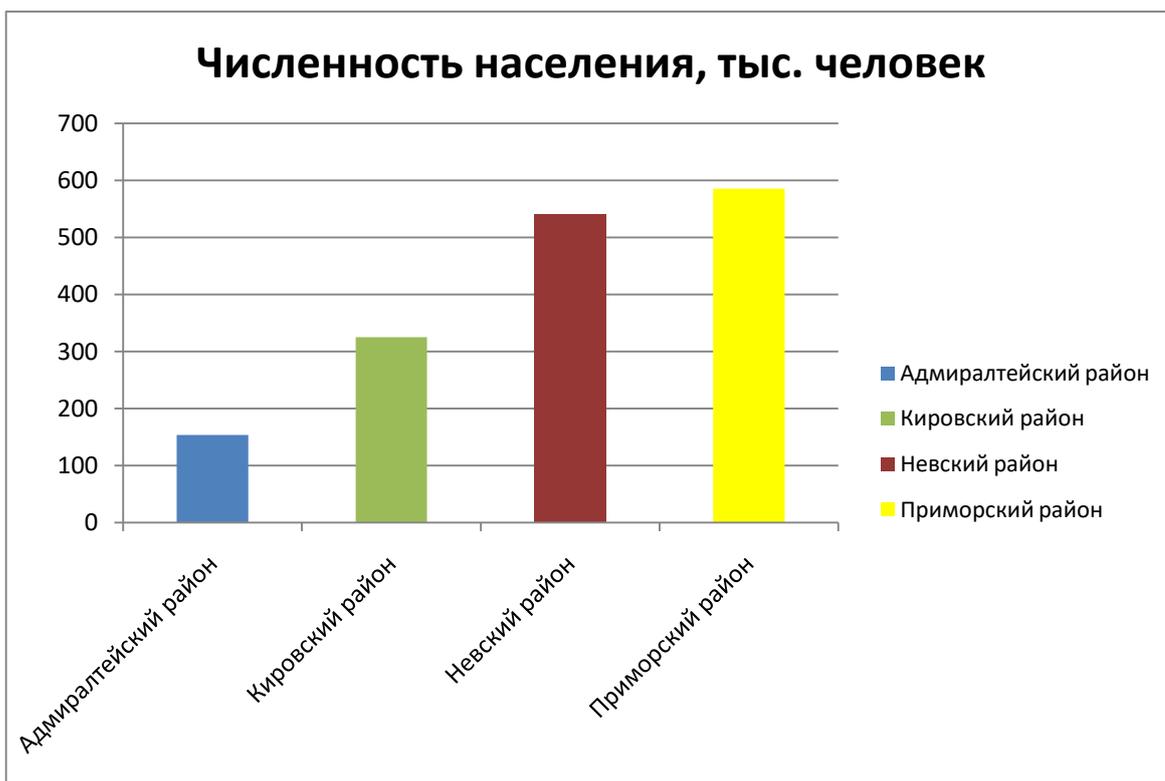


Рисунок 3.14 – Численность населения районов г. Санкт-Петербург



Рисунок 3.15 – Площадь районов г. Санкт-Петербург

Используя данные о численности населения и площади районов, была высчитана плотность населения для каждого района (рис. 3.16). Данный

показатель, на наш взгляд, также имеет влияние на концентрацию СО в воздухе.

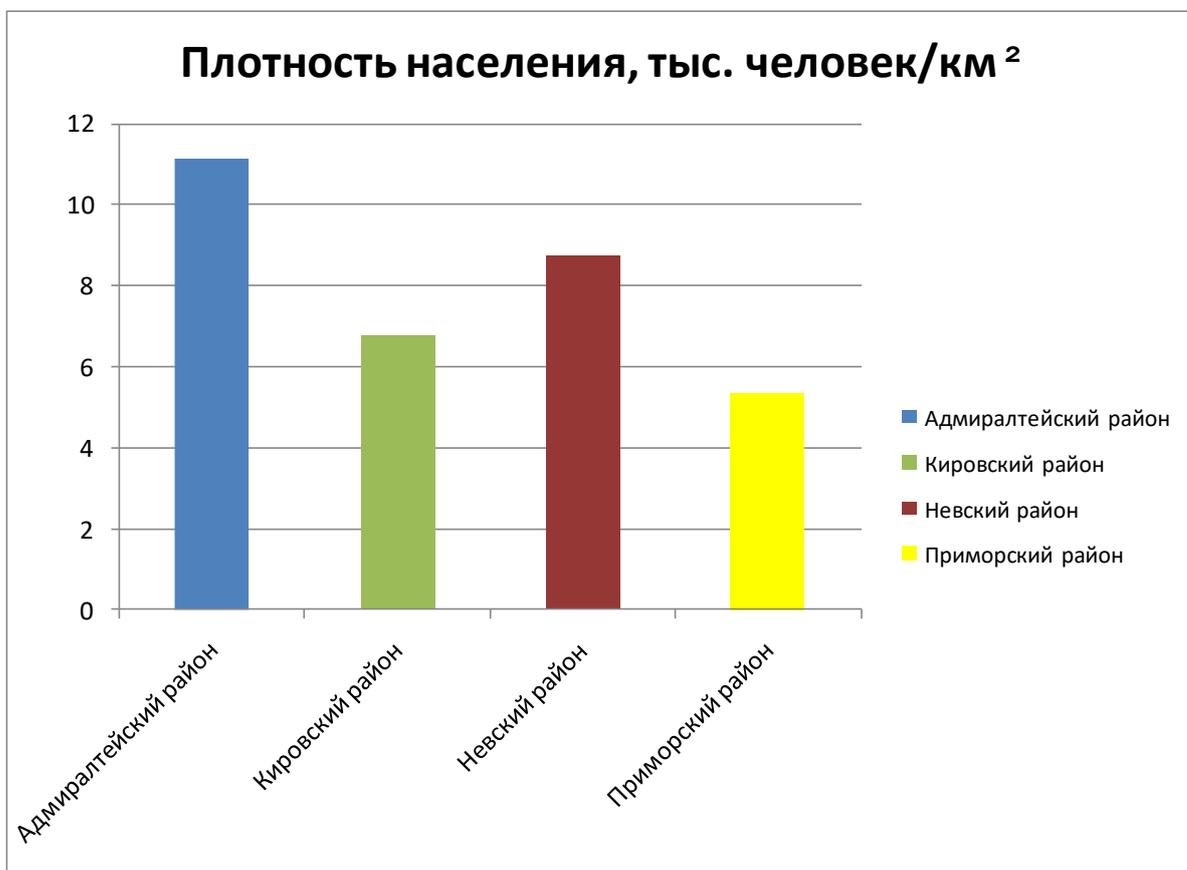


Рисунок 3.16 – Плотность населения районов г. Санкт-Петербург

Полученные данные о плотности населения были сопоставлены с результатами замеров концентрации монооксида углерода с целью проверки предположения о том, что между данными величинами существует зависимость. Для наглядности был составлен график, представленный на рисунке 3.17.

Зависимость концентрации монооксида углерода в воздухе от плотности населения

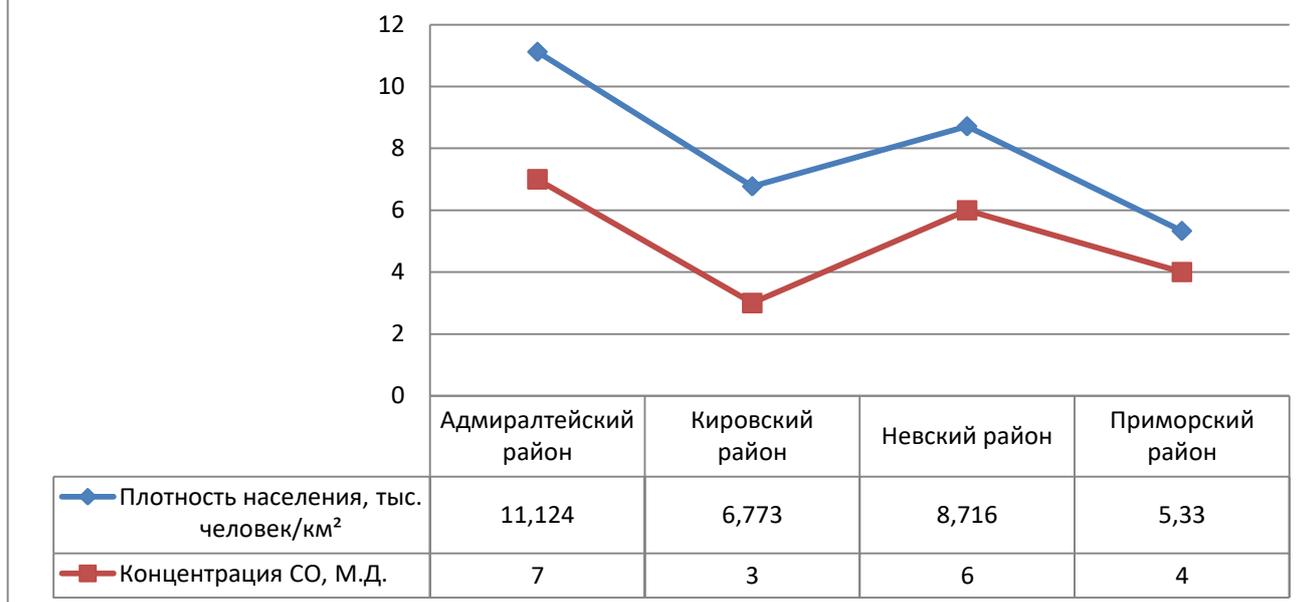


Рисунок 3.17 – Зависимость концентрации монооксида углерода от плотности населения

Как видно из графика на рисунке 3.17, между плотностью населения и концентрацией монооксида углерода в воздухе существует прямая зависимость: чем больше плотность населения, тем выше концентрации монооксида углерода в воздухе вблизи крупных автомагистралей.

С учётом всех факторов, влияющих на концентрацию монооксида углерода, можно сделать вывод о том, что в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербург концентрации монооксида углерода в вечерний час пик в районе оживлённых автотрасс наиболее высокие. Это может быть связано со следующими особенностями района:

- Значительная площадь района, пролегающая между Большой Невой и Фонтанкой, входит в историческую часть города, планировка которой сложилась ещё до появления и массового распространения автотранспорта, в 18-19 веке.

- Особенностью Адмиралтейского района является большое количество главных автомагистралей, ведущих в различных направлениях:

проспекты Загородный, Московский, Лермонтовский, Вознесенский, Измайловский, Старо-Петергофский, Рижский; улицы Садовая и Гороховая.

– Адмиралтейский район является одним из пяти наиболее промышленно развитых районов города Санкт-Петербург. Таким образом, большая часть населения работает на расположенных здесь предприятиях и использует автотранспорт, чтоб добраться до места работы;

– Большая плотность населения;

– Большое количество памятников культуры, привлекающих туристические потоки, особенно в весенне-летний период.

Таким образом, высокие концентрации монооксида углерода в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербург обусловлены, главным образом, планировочными особенностями.

На втором месте по концентрации монооксида углерода вблизи оживлённых автомобильных дорог в вечерние часы пик располагается Невский район. Это может быть обусловлено следующими факторами:

– Невский район расположен на обоих берегах Невы, соединённых тремя мостами, в районе которых зачастую образуются пробки;

– Достаточно высокая плотность населения, активная застройка района;

– Является самым крупным промышленным районом города.

Поскольку застройка Невского района велась быстрыми темпами, что было обусловлено, в том числе, необходимостью обеспечения жильём рабочих, занятых на производстве, архитектура отличается неоднородностью. Из-за этого транспортная инфраструктура района недостаточно удобна, это приводит к пробкам.

На третьем месте по концентрации монооксида углерода вблизи оживлённых автомобильных дорог в вечерние часы пик располагается Кировский район. К особенностям района можно отнести:

- Сосредоточение большого количества (порядка 60) промышленных предприятий, а также организаций, осуществляющих деятельность в строительной и транспортной сфере;

- Застройка района происходила неравномерно: в южной части большинство домов было построено в 60-е – 70-е годы двадцатого века, в северной части – в 30-е годы двадцатого века;

- Сильная загруженность южной части 1-й линии метрополитена, проходящей по территории района (из-за чего многие жители района предпочитают пользоваться наземным транспортом).

Наименьшие концентрации монооксида углерода в воздухе вблизи автомобильных трасс были зафиксированы в Приморском районе города Санкт-Петербург. Это может быть связано со следующими особенностями:

- Транспортная инфраструктура района активно развивается, появляются новые транспортные развязки и магистрали. К наиболее значимым из них следует отнести: кольцевую дорогу, открытую в 2011 году; ЗСД, эксплуатация центрального участка началась с 2016 года; продолжение Суздальского шоссе (с 2015 года); поклонногорский путепровод (с 2017 года).

- Является относительно «новым» районом – массовое строительство развернулось здесь с 70-х годов 20 века. Поводом для активной застройки послужили планы по переселению людей из коммуналок в квартиры. В планах по застройке учитывалась необходимость обеспечения комфортного транспортного сообщения с остальными районами города;

- Реализуются планы по наделению района статусом «делового» для разгрузки исторического центра;

- Относительно невысокая плотность населения (по сравнению с остальными исследуемыми районами города Санкт-Петербург).

Таким образом, невозможно отрицать, что планировка районов, особенности застройки, а также функциональное назначение оказывают влияние на транспортную загруженность основных автомагистралей,

следовательно, влияют также на концентрацию монооксида углерода, что подтверждается инструментальными замерами.

В районах с более высокой плотностью населения наблюдались также более высокие концентрации монооксида углерода вблизи автотрасс в вечерние часы пик. Содержание монооксида углерода в воздухе Кировского района оказалось ниже, чем в воздухе Приморского района, вероятнее всего, из-за большей скорости ветра в сочетании со значительно более низкой температурой.

Важным фактором, влияющим на концентрацию монооксида углерода в воздухе, является скорость движения транспортного потока. Он будет подробно рассмотрен в следующем разделе.

3.6 Оценка зависимости выброса окиси углерода в атмосферу от скорости движения легкового автомобиля

Режим работы двигателя автомобиля, как и скорость движения, являются важными факторами, влияющими на объём выбросов отработавших газов в воздушную среду.

Известно, что наименьший расход топлива (а соответственно и наименьший объём выброса) достигается при равномерном движении автомобиля, чего невозможно добиться в городских условиях, главным образом, из-за наличия большого количества регулируемых перекрёстков, наземных пешеходных переходов. В условиях городской среды скорость движения неравномерная, двигатели легковых автомобилей работают на переходных режимах с частой сменой холостого хода на разгон либо торможение. Постоянная изменчивость в режиме работы двигателя обуславливает также существенные колебания в показателях объёма и концентрации токсичных выбросов. В таблице 3.7 приведены значения концентраций токсичных выбросов для монооксида углерода от работы

бензинового двигателя, а также для углеводородов от работы дизельного двигателя при различных режимах работы [10].

Таблица 3.7 – Значение концентрации монооксида углерода и углеводородов при разных режимах работы двигателя [10]

Наименование загрязняющего вещества и тип двигателя	Концентрация вещества в объёме выбросов, %			
	движение на холостых оборотах	разгон	движение с постоянной скоростью	торможение
Монооксид углерода (бензиновый двигатель)	6,9	2,9	2,7	3,9
Углеводороды (дизельный двигатель)	0,04	0,02	0,01	0,03

При движении на холостых оборотах и торможении концентрация монооксида углерода в общем объёме выбросов значительно возрастает по сравнению с уровнем выбросов при равномерном движении с постоянной скоростью [28].

Необходимо, однако, ориентироваться не только на концентрацию монооксида углерода в выбросах, но и на общий объём выбросов. Наибольший по объёму выброс в атмосферу происходит на стадии разгона автомобиля – он составляет от 45 до 50 процентов. Это обусловлено резким увеличением подачи топлива посредством ускорительного насоса и, соответственно, увеличением расхода топлива [10].

На основании вышеизложенного, было установлено, что скорость движения автомобильного потока, как и режим работы двигателя, также может влиять на объём выброса окиси углерода.

Было установлено, что для минимизации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу необходимо поддерживать постоянную скорость движения 50-60 км/ч для грузовых автомобилей и около 70 км/ч для легковых автомобилей. Именно при такой скорости движения потока автотранспортных средств удаётся достичь минимального расхода топлива на 1 км пути. Если скорость движения потока падает, концентрация монооксида углерода в выбросах возрастает: допустим, если понизить скорость движения автомобиля в 3 раза, с 60 км/ч до 20 км/ч, произойдёт увеличение выброса монооксида углерода в 2,5 раза. Наибольший объём выброса монооксида углерода происходит при постоянной скорости ниже 15 км/ч [10].

Информация о зависимости объёма выброса монооксида углерода от режима движения представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Зависимость концентрации монооксида углерода от режима движения транспортного средства [10]

Наименование загрязняющего вещества	Объём выброса, г/км			
	Равномерное движение без остановок	Движение по участку дороги с одним светофором	Движение по участку дороги с одним перекрёстком	Движение по участку дороги с двумя перекрёстками
Окись углерода (СО)	18,2	19,6	21,5	24,2

Влияние скорости движения автомобиля в потоке на выброс загрязняющих веществ отражено на рисунке 3.18.

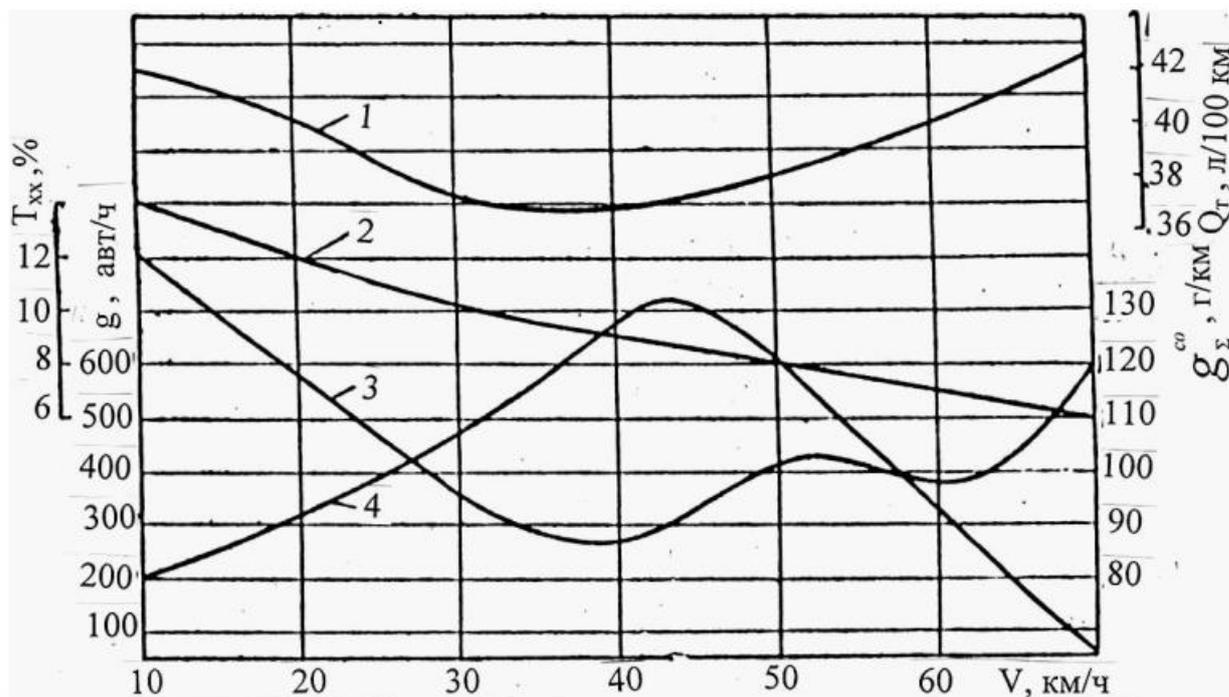


Рисунок 3.18 – Изменение расхода топлива (1 – Q_T , л/100км), токсичности отработанных газов (2 – T_{xx} , %), объема выбросов загрязняющего вещества (3 – $g_{\Sigma}^{св}$, г/км) и уровня интенсивности автотранспорта (4 – g , авт./час) в зависимости от скорости движения в потоке (V , км/ч) [10]

Таким образом, образование пробок на дорогах существенно усугубляет негативное влияние автотранспорта на воздушную среду. Учитывая, что Санкт-Петербург относится к мегаполисам с многомиллионным населением, где интенсивность движения на особенно загруженных магистралях оценивается в 30-50 тыс. автомобилей в сутки, это влияние особенно заметно и проявляется, в том числе, в ухудшении самочувствия населения города [10].

Помимо неравномерности скорости движения автомобиля в городских условиях, стоит также учитывать неоднородность состава транспортного потока. Населением эксплуатируются транспортные средства с различными техническими характеристиками и классами экологической безопасности, а также габаритами, что усложняет организацию транспортной сети таким

образом, чтобы достичь максимального снижения концентрации токсичных веществ в отработанных газах [10].

Рассмотренные выше теоретические положения подтверждаются также нашими наблюдениями, произведёнными в ходе инструментальных замеров. Наиболее загруженный район, в котором образуются существенные пробки – Адмиралтейский. Здесь среднее содержание монооксида углерода в воздухе оказалось наиболее высоким. Также в Адмиралтейском районе был зафиксирован самый высокий показатель содержания монооксида углерода в воздухе – точка № 8 по адресу Сенная площадь, 6 (12 М.Д. – норма для закрытых помещений).

Наименьшее среднее содержание монооксида углерода в воздухе было зафиксировано в Приморском районе (меньшая средняя концентрация в Кировском районе, вероятно, обусловлена значительно более высокой скоростью ветра и разницей температур), где скорость потока выше благодаря меньшей загруженности автодорог, что стало возможным благодаря реализации мероприятий по оптимизации транспортной инфраструктуры района.

4. Практические рекомендации по снижению концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе городской среды

Сегодня на практике с целью снижения негативного действия автотранспорта на атмосферный воздух применяются, в основном, меры по озеленению территорий, поскольку разработаны рекомендации, способствующие снижению загрязнения атмосферного воздуха.

Необходимость озеленения городских территорий закреплена в нормативно-правовых актах, к ним относятся: СП Градостроительство, ГОСТ Состав и размер зелёных зон городов, ГОСТ Озеленение городов, Градостроительный кодекс РФ [15].

Зелёные насаждения вдоль автомобильных дорог относят к насаждениям специального назначения, подлежащим нормированию. Законодательством определено, что на улицах, по которым проходят автомагистрали с высокой интенсивностью движения автотранспорта, по обе стороны проезжей части должны располагаться зелёные полосы. При этом отмечается, что предпочтительны посадки деревьев в комбинации с кустарниками. Допускается, к тому же, высадка одиночных деревьев на тротуарах и организация прерывистых участков газонной растительности с группами деревьев и кустарников. При этом зелёные насаждения не должны создавать помех для организации дорожного движения, особенно в зонах, включающих перекрёстки и повороты – регламентируется высота растений, она не должна превышать 0,6—0,8 м [15].

Отметим, что большая часть нормативных документов касательно озеленения, действующих сегодня, разрабатывалась во второй половине прошлого столетия. Таким образом, возникает предположение о том, что указанные нормативы соблюдаются только в тех городах и районах городов, которые образовались (или подверглись интенсивной застройке) после 70-х годов двадцатого века [15].

Разработанные нормативы также не учитывают качественный состав зелёных насаждений, который был бы оптимален для городской среды. Например, могут применяться элементы вьющихся растений (например, плющ) для озеленения фасадов и крыш зданий в исторических районах, где невозможно организовать зелёные полосы [17].

Некоторые породы деревьев (ольха, берёза, тополь) вызывают аллергию у людей и не подходят для широкого использования. Другим важным аспектом является чувствительность деревьев к загрязнению воздуха – наиболее чувствительные виды могут не выжить в городской среде [17].

При озеленении городов целесообразно руководствоваться следующими принципами:

1. Хвойные деревья являются более эффективными в фильтрации частиц, чем лиственные породы деревьев.

2. В категории лиственных пород деревьев с грубыми и волосатыми листьями являются более эффективными, чем, с гладкими и плоскими листьями.

3. Вечнозеленые виды удаляют больше твердых частиц, чем лиственные породы.

4. Виды с большой листовой поверхностью улавливают больше пыли, чем виды с небольшой листовой поверхностью. В этом смысле деревья, эффективнее, чем кустарники [17].

Таким образом, повышение уровня озеленения является необходимым условием для снижения негативного влияния автотранспорта на окружающую среду.

Помимо этого, очевидно, что озеленение является пассивным способом снижения негативного воздействия, поэтому необходимы меры, направленные непосредственно на транспортные средства и транспортную инфраструктуру. Ниже приведём некоторые решения, которые позволят улучшить состояние атмосферного воздуха в районе основных автомагистралей.

1. Разгрузка существующих автомагистралей путём строительства дублирующих дорог и развязок, платных дорог. В Санкт-Петербурге имеется позитивный опыт Приморского района. В частности, строительство ЗСД позволило перенаправить значительную часть потока автотранспорта, что уменьшило количество пробок.

В настоящее время реализуется программа «Государственная программа Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга»» [25]. В программе в качестве одной из приоритетных задач выдвинуто создание каркаса скоростных внутригородских магистралей скоростного и непрерывного движения. Реализуется проект по созданию широтной магистрали с мостом через р. Неву в створе Фаянсовой ул. — Зольной ул. Данная широтная магистраль должна стать одним из ключевых звеньев транспортного каркаса

2. Использование более качественного топлива, которое соответствует самым последним стандартам ЕВРОсоюза, внедрение новых технологий для более экологичной работы двигателя автотранспорта для уменьшения выбросов вредных веществ, поступающих в окружающую среду. Переход на другие источники энергии с меньшей нагрузкой на среду.

Перспективным видом общественного транспорта, позволяющим снизить объём поступления монооксида углерода, являются электробусы. Также возможно расширение трамвайной и троллейбусной сети, особенно на участках, значительно удалённых от метрополитена. В частности, реализуются проекты по созданию линии скоростного трамвая по маршруту «Станция метро «Купчино» — микрорайон «Шушары» — микрорайон «Славянка»; а также по маршруту «Станция метро «Южная» (Шушары) — Колпино» [25];

3. Усиление контроля соблюдения существующих стандартов и требований к работе двигателей. Создание более продуманных и строгих законопроектов к выхлопным газам и к.п.д. Использование дизельных двигателей вместо бензиновых.

4. Создание парковых зон для организации пешеходного движения с запретом движения автотранспорта. Организация велодорожек [25].

На 01.01.2017 в Санкт-Петербурге насчитывалось 22 пешеходные улицы, наиболее востребованы пешеходные зоны на М.Конюшенной ул., Садовой ул. и на 6-7-й линиях Васильевского о-ва; обустроено 40 км велосипедных дорожек, расположенных, однако, преимущественно в рекреационных зонах.

Развитие сети велопроката также будет способствовать разгрузке дорожно-транспортной сети г. Санкт-Петербург.

5. Совершенствование технологий по очистки выхлопных газов поступающих от автотранспорта.

6. Улучшение качества дорожного покрытия. Отсутствие на дорогах ям и препятствий будет способствовать сохранению постоянной скорости потока автотранспорта, что позволит снизить общий объём выброса отработанных газов.

7. Расширение сети «перехватывающих» автостоянок. Подобные стоянки успешно функционируют, например, на территории Кировского района. Они позволяют значительно разгрузить транспортную сеть от личного автотранспорта [25].

Суть «перехватывающих» автостоянок состоит в следующем: вблизи автотранспортных путей, ведущих из периферийных районов в районы осуществления трудовой или иной деятельности, располагается стоянка для личного автотранспорта. Владелец получает возможность пересесть на общественный транспорт, избавившись от необходимости поиска парковки в загруженных транспортом районах (например, в центральной части города).

8. Расширение охвата светофоров автоматизированной системой управления движением (АСУДД). АСУДД представляет собой программную систему, которая, основываясь на совершенных технических средствах и математических методах с применением компьютерных технологий, позволяет оптимизировать транспортные потоки в городской сети, уменьшая

задержки движения на перекрестках и улучшая санитарное состояние городского воздуха. В настоящее время в Санкт-Петербурге расположено порядка 1500 регулируемых перекрёстков, при этом функционируют только две АСУДД: АСУДД «Спектр», включающая в состав 256 светофорных объектов; АСУДД «eDartiva», включающая в состав 47 светофорных объектов. Ещё 257 светофорных объектов оборудовано детекторами транспорта и 50 объектов — камерами системы транспортного видеонаблюдения. Предпринятых мер пока недостаточно, чтобы говорить об обеспечении автоматизированного контроля в достаточной степени [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что применение инструментальных методов количественной оценки выбросов окиси углерода от автотранспорта позволяет сделать вывод о концентрации данного соединения в атмосферном воздухе на определенном участке. Осуществление инструментальной оценки с помощью прибора «МЕГЕОН – 08005» целесообразно проводить вблизи оживлённых автотрасс, т.к. при соблюдении необходимых погодных условий он позволяет определить, насколько существенный вклад в загрязнение воздушной среды монооксидом углерода вносит автомобильный транспорт.

В ходе работы измерения были проведены для исследования четырёх районов города Санкт-Петербург: Адмиралтейского, Кировского, Невского и приморского. Были обследованы участки автомобильных дорог, находящихся на улицах Парфёновская, Лермонтовская, Седова, Бабушкина, Савушкина, Вербная, Подводника Кузьмина, Краснопутиловская, Оптиков, а также на проспектах Московский, Дачный, Ветеранов, Трамвайный, Стачек Обуховской Обороны, Большевиков, Российский, Богатырский, Королёва, Коломяжский, Сизова. Помимо этого, были выбраны точки проведения замеров, расположенные на набережных Обводного канала, реки Фонтанки, а также на следующих площадях: Сенная, Труда, Кронштадтская.

По результатам проведенного исследования сформулированы следующие выводы:

ВЫВОД 1. По результатам анализа литературных источников выявлено, что по своим физико-химическим свойствам монооксид углерода представляет собой соединение, оказывающее негативное влияние на окружающую среду и представляющее серьёзную опасность для здоровья человека, особенно при высоких концентрациях в закрытых помещениях. Монооксид углерода обладает высокой токсичностью, при этом не имеет цвета и запаха, что затрудняет его выявление в воздухе. Помимо раздражающего влияния на слизистые, при вдыхании и попадании в кровь

связывается с гемоглобином, вытесняя кислород, что приводит к отравлению вплоть до летального исхода. Взаимодействуя с атмосферной влагой, СО образует соединения, приводящие к повышению кислотности осадков.

ВЫВОД 2. По результатам анализов данных официальных отчётов по выбросам основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Санкт-Петербург было установлено, что вклад монооксида углерода в валовом выбросе от автотранспорта в 2020 году составил примерно 79% (104,2 тыс. тонн из 131,9 тыс. тонн общего объёма выбросов). Автотранспорт, таким образом, является основным источником загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург монооксидом углерода.

ВЫВОД 3. В ходе проведения инструментальных измерений в Адмиралтейском, Кировском, Невском и Приморском районах с помощью портативного прибора-анализатора СО Мегеон-08005, было установлено, что прибор является удобным в использовании, это обусловлено его портативностью и простотой интерфейса. При соблюдении условий, указанных в правилах эксплуатации, прибор работает корректно.

ВЫВОД 4. По результатам камеральной обработки данных, полученных в ходе инструментальных замеров, удалось определить средние значения содержания угарного газа в приземном слое атмосферы в вечерний час пик. Наиболее высокие концентрации монооксида в воздухе фиксируются в Адмиралтейском районе (7 М.Д.), на втором месте – Невский район (6 М.Д.), на третьем – Приморский (4 М.Д.), а на четвёртом – Кировский (3 М.Д.). Подтверждено с помощью инструментальных замеров, что планировка районов, особенности застройки, а также функциональное назначение оказывают влияние на транспортную загруженность основных автомагистралей, следовательно, влияют также на концентрацию монооксида углерода.

В районах с более высокой плотностью населения наблюдались также более высокие концентрации монооксида углерода вблизи автотрасс в вечерние часы пик. Содержание монооксида углерода в воздухе Кировского

района оказалось ниже, чем в воздухе Приморского района, вероятнее всего, из-за большей скорости ветра в сочетании со значительно более низкой температурой. Важным фактором, влияющим на концентрацию монооксида углерода в воздухе, является скорость движения потока автотранспорта.

ВЫВОД 5. Для снижения выбросов монооксида углерода от автотранспорта необходимо осуществление комплексных мер, направленных как на объекты транспортной инфраструктуры и объектов городской среды, так и непосредственно на транспортные средства. Необходимо по возможности привести озеленение районов к соответствию нормативам, установленным законодательством. Следует расширить сеть АСУДД с целью охвата большего количества перекрёстков и обеспечения более равномерного движения транспортного потока. В настоящее время реализуется программа «Государственная программа Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга»», способная значительно улучшить транспортную инфраструктуру города, однако темпы её реализации слишком низкие из-за недостаточного финансирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксёнов, И.Я., Аксёнов, В.И. Транспорт и охрана окружающей среды [Текст] / И.Я. Аксёнов, В.И. Аксёнов. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с.
2. Голубев, И.Р. Окружающая среда и транспорт [Текст] / И.Р. Голубев, Ю.В. Новиков. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
3. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865554> (дата обращения: 06.09.2021).
4. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнений. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-1-3-07-82> (дата обращения: 30.08.2021).
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» [Текст] / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Санкт – Петербургу. – СПб., 2021. – 211 с.
6. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году» [Текст] / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – М., 2021. – 825 с.
7. Доклад аналитического центра при правительстве Российской Федерации Экология и экономика: динамика загрязнения атмосферы страны в преддверии ратификации Парижского соглашения [Электронный ресурс]. – URL: <https://ac.gov.ru/publications> (дата обращения: 22.10.2021).
8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году [Текст] / Под ред. Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого. – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. – 253с.
9. Дьяченко, Г.И. Мониторинг окружающей среды (Экологический мониторинг) [Текст] / Г.И. Дьяченко. – Новосибирск, 2003. – 64 с.
10. Ерохов В. И. Влияние дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива автотранспортными средствами [Электронный

ресурс] / В.И. Ерохов, Е.В. Бондаренко // Вестник ОГУ. 2005. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dorozhnyh-faktorov-na-vybros-vrednyh-veschestv-i-rashod-topliva-avtotransportnymi-sredstvami> (дата обращения: 11.04.2022).

11. Клинические рекомендации «Токсическое действие окиси углерода токсическое действие других газом, дымов и паров» [Текст] / министерство здравоохранения РФ. – М., 2020. – 40с.

12. Козлов, Ю.С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст] / Ю.С. Козлов – М.: Агар, 2000. 175 с.

13. Колбасина, Н.И. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека [Электронный ресурс] / Н.И. Колбасова, М.М. Котов // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – М., 2020. - С. 66-71 URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018004431> (дата обращения: 11.02.2022).

14. Курсов С.В. Монооксид углерода: физиологическое значение и токсикология // МНС. 2015. №6 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monooksid-ugleroda-fiziologicheskoe-znachenie-i-toksikologiya> (дата обращения: 13.02.2022).

15. Макаренко, В.П. К вопросу о нормировании зелёных насаждений в городе [Электронный ресурс] / В.П. Макаренко, Д.В. Жучков // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. 2021. №4 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-normirovanii-zelyonyh-nasazhdeniy-v-gorode> (дата обращения: 11.06.2022).

16. Молодцов, В.А. Безопасность транспортных средств [Текст]: учебное пособие / В. А. Молодцов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 236 с.

17. Муллаярова, П.И. Влияние зеленых насаждений на запыленность атмосферы городов [Электронный ресурс] / П.И. Муллаярова // Интерэкспо

Гео-Сибирь. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zelenyh-nasazhdeniy-na-zapylennost-atmosfery-gorodov> (дата обращения: 15.03.2022).

18. Наумов, И.А. Автоматизированная система мониторинга Атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге [Текст] / И.А. Наумов, М.Ш. Гасанов, М.С. Филимонов // Сборник статей по материалам VI студенческой международной научно-практической конференции. – М.: Изд. «МЦНО», 2018. - С. 66-71

19. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек [Текст]: учебное пособие для вузов/ Ю.В. Новиков. – М.: Издательский центр «Академия». 2005. – 736 с.

20. Об утверждении ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (с изменениями) [Текст] / постановление Главного государственного санитарного врача от 22.12.2017 №165. – 2017. – 35 с.

21. Окружающая среда Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecopeterburg.ru/> (дата обращения: 18.01.2022).

22. О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года [Текст] / постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13.07.2011 № 945. – 2011.

23. Официальный портал администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru/> (дата обращения: 18.01.2022).

24. Пепина, Л.А. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом [Текст] / Л.А. Пепина, А.Н. Созонтова // Alfabuild. 2017. – №1 (1). – с. 99-110.

25. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 № 552 «О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» на 2015-2020 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/822403631> (дата обращения: 18.01.2022).

26. Приказ Росстата от 08.11.2018 N 661 «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за охраной атмосферного воздуха» [Электронный ресурс]. – URL: <https://blanker.ru/prikaz-rosstata-ot-08112018-n-661> (дата обращения: 18.01.2022).

27. Руководство по эксплуатации и паспорт прибора для определения содержания окиси углерода МЕГЕОН – 08005 [Электронный ресурс] // URL: http://www.megeon-pribor.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/Megeon_08005_user_guide.pdf (дата обращения: 30.01.2021)

28. Рябиков, Н.А. Оценка влияния условий движения автомобилей на загрязнение воздуха отработавшими газами бензиновых двигателей (окисью углерода) [Текст] / автореферат к диссертации // Н.А. Рябиков. – М., 1984. – 188 с.

29. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест». [Электронный ресурс] // URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-1-3-07-82> (дата обращения: 30.03.2022)

30. Система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: http://www.infoeco.ru/assets/files/News/2017%2002%2027_02.pdf (дата обращения: 22.01.2022).

31. Тиунов Л. А. Токсикология окиси углерода [Текст] / Л.А. Тиунов, В.В. Кустов. – М., 1980. – 285 с.

32. Федеральный закон №96 «Об охране атмосферного воздуха» [Электронный ресурс]: федеральный закон: [принят Гос. Думой 2.04.1999 г.: одобрен Советом Федерации 22.04.1999 г. (с изм. на 13.07.2013)] // URL: <http://docs.cntd.ru/document/901732276> (дата обращения: 17.09.2021).

33. Федеральный закон РФ №7 «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]: федеральный закон: [принят Гос. Думой 20.12.2001 г.: одобрен Советом Федерации 26.12.2001 г. (с изм. на 27.12.2019)] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/, свободный (дата обращения: 17.01.2022).

34. Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <http://kroos.gov.spb.ru/index.php?id=53> (дата обращения: 22.10.2021).

35. Шаповалов, А.Л. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилей [Текст] / А.Л. Шаповалов. – М.: Транспорт, 1990. – 160 с.