



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: «Содержание угарного газа вдоль автомобильных дорог в  
Петроградском и Василеостровском районах в г. Санкт-Петербурге»**

**Исполнитель:** Шидловская Анастасия Владимировна

**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

ВВЕДЕНИЕ .....	1
1. 1 Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации.....	5
1.1 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха .....	5
1.2 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха .....	9
2 Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург.....	15
3 Особенности токсического воздействия монооксида углерода на организм человека .....	21
4 Наблюдение и оценка содержания угарного газа вдоль автомобильных дорог в г. Санкт-Петербурге.....	27
4.1 Особенности распределения загрязняющих примесей на территории урбанизированных территорий .....	27
4.2 Натурные измерения уровня загрязнения воздуха угарным газом вдоль автомобильных дорог в Петроградском и Василеостровском районах г. Санкт-Петербург .....	30
5 Мероприятия по снижению монооксида углерода в атмосферном воздухе на урбанизированной территории .....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	60

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мы можем наблюдать максимум антропогенного влияния на биосферу Земли и связано это со стремительным ростом демографических показателей, с ростом количества проживающих людей на урбанизированных территориях, научно-техническому прогрессу.

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных экологических угроз для здоровья человека. Самым распространенным источником загрязнения воздуха в городах является автомобильный транспорт и вследствие этого образуется зона повышенной концентрации вредных веществ. Некоторые из них оседают на дорогах, а другие поднимаются в воздух, накапливаются в атмосфере и выпадают с осадками, загрязняя воду и почву.

К сожалению, с повышением демографического показателя и увеличением количества населения, живущих на урбанизированных территориях стремительно растет и количество автомобилей, а значит и растет количество выбрасываемых загрязняющих примесей в атмосферном воздухе.

Одним из выбрасываемых загрязняющих веществ является угарный газ. Опасность монооксида углерода заключается в том, что данное вещество не имеет ни запаха, ни вкуса, ни цвета, а значит этот газ очень сложно заметить и ощутить. Угарный газ воздействует на организм человека и может приводить к серьезным последствиям и различным заболеваниям.

В данной магистерской диссертации проведено исследование изучения угарного газа, а также использованы, в том числе собранные автором натурные данные о содержания угарного газа вдоль автомобильных дорог в Петроградском и Василеостровском районах г. Санкт-Петербурга, полученных с помощью портативного анализатора угарного газа «Мегеон 08005». Данный прибор позволяет выполнять такие работы с необходимой продолжительностью. Прибор максимально прост и удобен в использовании и не требует продолжительного обучения.

Целью работы является оценка содержания угарного газа вдоль автомобильных дорог в Петроградском и Василеостровском районах в Санкт-Петербурге.

Задачи работы состоят в следующем:

- рассмотреть величины и уровни загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации, основные источники загрязнения атмосферы;
- рассмотреть особенности проведения мониторинга загрязнения воздуха;
- изучить влияние угарного газа на организм человека в качестве экологического фактора;
- выполнить натурные измерения концентрации угарного газа вдоль автомобильных дорог в Петроградском и Василеостровском районах в Санкт-Петербурге;
- обобщить полученные результаты, выполнить сравнительный анализ;
- разработать практические рекомендации по минимизации влияния угарного газа на состояние здоровья населения в городах.

# **1 Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации**

## **1.1 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха**

В современном мире одной из глобальных проблем современности является загрязнение атмосферного воздуха, но не только из-за его влияния на изменение климата и загрязнение окружающей среды в целом, но и из-за его воздействия на здоровье людей и отдельных лиц. к увеличению заболеваемости и смертности.

В настоящее время вопросы экологии чрезвычайно важны и особенно остро эта проблема стоит в крупных городах. Эксплуатация в крупных городах из-за большой концентрации населения, транспорта и промышленных предприятий на сравнительно небольших территориях приводит к ухудшению качества атмосферного воздуха, окружающей среды и атмосферного воздуха. Поэтому проблема загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах является одной из самых актуальных на сегодняшний день.

Источники загрязнения атмосферного воздуха могут быть связаны как с природными процессами, так и с антропогенными факторами. К первым относятся природные загрязнители минерального, растительного или микробиологического происхождения, которые выбрасываются в атмосферу в результате извержений вулканов, лесных пожаров и других процессов. Искусственные (антропогенные) источники загрязнения атмосферного воздуха возникают в результате деятельности человека.

Известно, что большинство загрязняющих веществ выбрасывается в результате обширной деятельности человека, такой как использование промышленного оборудования, электростанций, двигателей внутреннего сгорания и автомобилей. Поскольку эти действия осуществляются в таких больших масштабах, они, безусловно, являются основными источниками загрязнения воздуха: по оценкам, на автомобили приходится около 80%

сегодняшнего загрязнения. Некоторые другие виды деятельности человека также оказывают меньшее влияние на нашу окружающую среду, например, возделывание полей, заправочные станции, обогреватели топливных баков и методы очистки (32), а также некоторые природные ресурсы, такие как извержения вулканов и почвы и лесные пожары.

Классификация загрязнителей воздуха основана главным образом на источниках загрязнения. Поэтому стоит упомянуть четыре основных источника по системе классификации: основные источники, площадные источники, мобильные источники и природные ресурсы.

Основными источниками являются выбросы загрязняющих веществ от электростанций, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, химической промышленности и производства удобрений, металлургической и других отраслей промышленности и, наконец, сжигание бытовых отходов.

Тепловые и атомные электростанции.

При сжигании твердого и жидкого топлива в атмосферу выбрасываются дымы, содержащие полные (углекислый газ и пары воды) и неполные (окись углерода, сера, азот, углеводороды и др.) выбросы. Эти выбросы низкие. Так, современная ТЭЦ мощностью 2,4 млн кВт потребляет до 20 000 т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу 680 т SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, 120-140 т твердых частиц (зола, пыль, сажа) и 200 т азот. КПД электростанций составляет 30-40%, большая часть топлива сжигается напрасно, а полученная энергия в конечном итоге превращается в тепло. Поэтому, помимо химического загрязнения, в атмосфере присутствует тепловое загрязнение. Перевод оборудования на жидкое топливо (мазут) снижает выбросы золы, но не снижает выбросы оксидов серы и азота. Газ также можно использовать в качестве топлива для уменьшения загрязнения окружающей среды.

К сожалению, не всем электростанциям разрешено использовать газ по технологическим причинам. Основными загрязнителями атомных электростанций являются радиоактивный йод, радиоактивные инертные газы и аэрозоли.

## Черная и цветная металлургия.

Одна тонна сталелитейного производства выделяет 0,04 тонны твердых веществ, 0,03 тонны оксидов серы, до 0,05 тонны оксида углерода и небольшое количество различных металлов. При производстве стали в атмосферу также выбрасываются газы и пары фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ. Цветная металлургия, свинцово-цинковая, медная, переработка сульфидных руд и производство алюминия выделяют большое количество дымовых газов и пыли.

## Химическая промышленность.

Хотя выбросы этого растения невелики, они представляют значительную угрозу для человека и всей биоты из-за своей высокой токсичности, разнообразия и концентрации. Различные химические предприятия загрязняют атмосферу оксидами серы, соединениями фтора, аммиаком, азотными газами (оксидами азота), соединениями хлора, сероводородом и неорганической пылью.

Выбросы от автомобилей. По оценкам специалистов, вклад отдельных видов транспорта в загрязнение атмосферного воздуха таков: автомобили - 81%; воздух - 7%; сельское хозяйство - 6%; железная дорога - 3%; море - 3%.

На автомобильный транспорт приходится наибольшая доля загрязнения воздуха транспортными выбросами.

Сотни миллионов автомобилей по всему миру сжигают огромное количество нефтепродуктов, загрязняя воздух, особенно в крупных городах. В Москве 80% всех загрязнителей воздуха выбрасываются автомобильным транспортом. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат большое количество токсичных соединений - бенз(а)пирена, альдегидов, азота и угарного газа, особенно опасные соединения свинца (в случае этилированного бензина). Самые высокие уровни загрязняющих веществ в дымовых газах обнаруживаются в немодифицированных топливных системах транспортных средств. Его правильная конфигурация позволяет уменьшить их количество в 1,5 раза, а

специальный преобразователь снижает токсичность дымовых газов в шесть и более раз. [1]

В среднем за 6 лет эксплуатации автомобиль выбрасывает в атмосферу 9 т CO<sub>2</sub>, 0,9 т CO, 0,25 т NO и 80 кг углеводородов. Структура дорожных выбросов представлена углеродом, оксидами азота, углеводородами, бензапиреном, свинцом, тяжелыми металлами, пылью и 200 другими веществами. [2]

Разработка месторождений полезных ископаемых.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха наблюдается при добыче и переработке, переработке нефти и газа, подземных пылевых, газовых выбросах, отходах полигонов и сжигании горных пород.

Сельское хозяйство.

В сельской местности источниками загрязнения воздуха являются животноводство, птицеводство, мясокомбинаты и распыление пестицидов.

На рис. 1.2 представлена диаграмма процентного распределения основных источников загрязнения атмосферного воздуха (приведены средние данные из различных библиографических источников). Загрязнение воздуха вызывает следующие проблемы: дым; повышение эффективности теплиц; образование озоновых «дыр»; рост населения; снижение плодородия почвы; сток кислотных дождей.

Внутренние ресурсы включают домашнюю уборку, химчистку, принтеры и заправочные станции.

К мобильным источникам относятся автомобили, автомобили, железные дороги, авиалинии и другие виды транспортных средств.

Наконец, природные ресурсы включают, как уже упоминалось, стихийные бедствия, такие как лесные пожары, вулканическая эрозия, пыльные бури и сельскохозяйственные пожары.

Однако было предложено множество систем классификации. Другим типом классификации является группировка по реципиенту загрязняющего вещества следующим образом.



Загрязнение воздуха определяется как наличие загрязняющих веществ в воздухе в больших количествах в течение длительного периода времени. Загрязнителями воздуха являются твердые частицы, углеводороды, CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> и т. д.

Ниже представлена диаграмма отдельных видов производства и их вклада в загрязнение атмосферного воздуха.

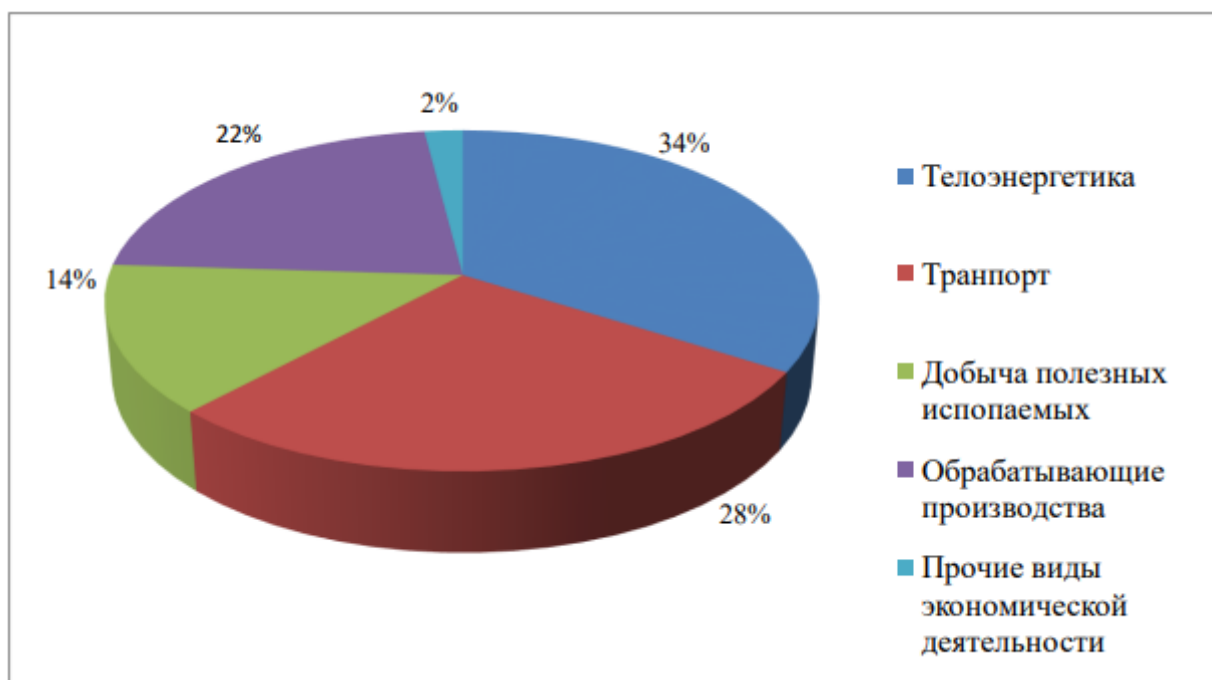


Рисунок 1.2 – Вклад отдельных видов производства в загрязнение атмосферного воздуха [1]

Проанализировав диаграмму можно сделать вывод, что автотранспорт является одним из главных источников загрязнения атмосферного воздуха, а значит нужно уделять особое внимание к изучению данной проблеме, его регулированию и определения мероприятий по снижению.

## 1.2 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха

Рост экологических проблем за последние три десятилетия привел к тому, что регулирующие органы последовательно вводят более строгие стандарты выбросов.

Фоновая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере часто зависит от характера промышленных выбросов и трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере.

Уровни загрязнения атмосферного воздуха регулируются и оцениваются Федеральной службой по гидрометеорологическому мониторингу и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и специальной Глобальной станцией мониторинга атмосферы (ГСА ВМО), которая определяет качество воздуха с помощью комплексной станции мониторинга дна.

Сегодня для оценки качества воздуха используется комплексный индекс загрязнения воздуха — API учитывает несколько примесей. Показатель API показывает уровень хронического и многолетнего загрязнения воздуха и рассчитывается на основе значений среднегодовой концентрации. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в соответствии с существующими методами оценки:

- низкий – ИЗА < 5;
- повышенный – ИЗА = 5 – 6;
- высокий при – ИЗА = 7 – 13;
- очень высокий – ИЗА ≥ 14. [5]

В 2018 г. мониторинг атмосферного воздуха в РФ проводился в 246 городах на 667 станциях, из них постоянные наблюдения проводились в 221 городе на 611 станциях.

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» в 46 городах РФ 21 % от числа городов с регулярными наблюдениями за загрязнением атмосферного воздуха на сети Росгидромета) уровень загрязнения воздуха в 2018 г. оценивался как высокий и очень высокий (ИЗА > 7), в 60 % городов – низкий. [5]

На рисунке 1.2 представлена диаграмма значений среднегодовых концентраций загрязняющих веществ на территории РФ.

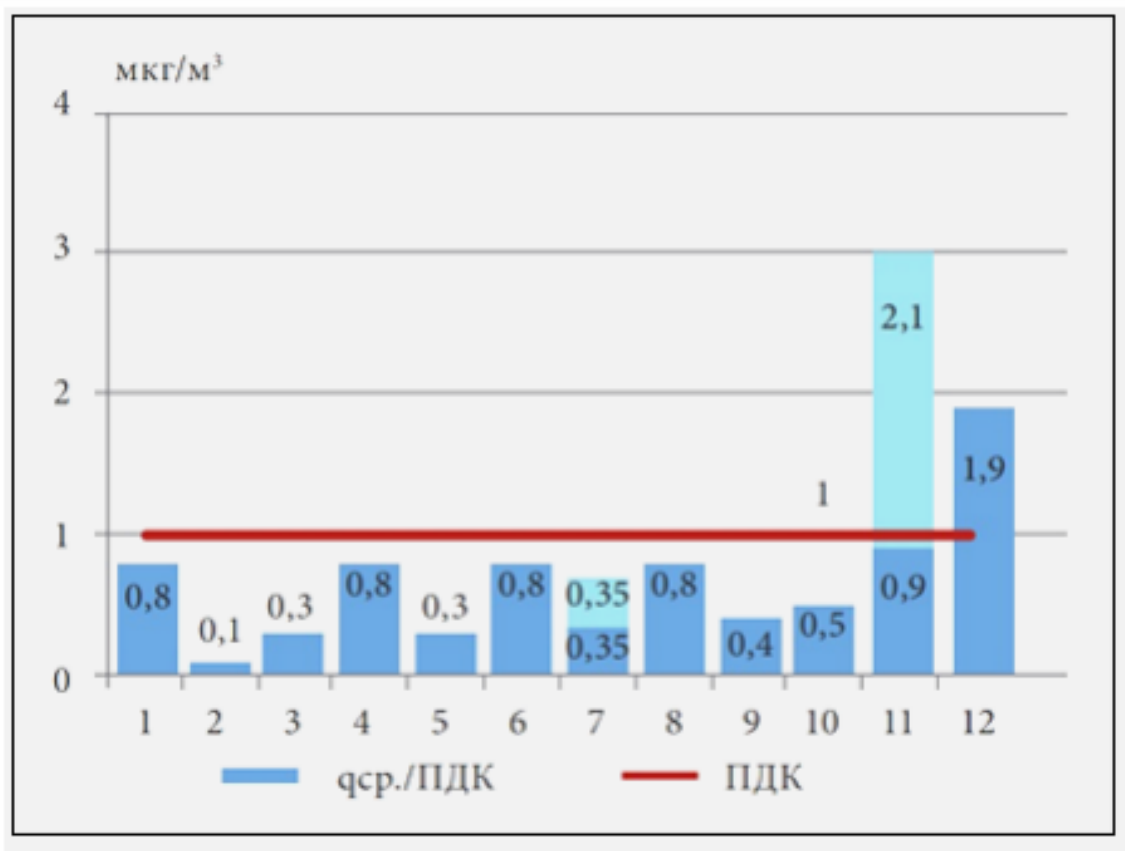


Рисунок 1.2 – Значения среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в городах РФ: 1 – взвешенные вещества; 2 – диоксид серы; 3 – оксид углерода; 4 – диоксид азота; 5 – оксид азота; 6 – сероводород; 7 – фенолы; 8 – фторид водорода; 9 – хлорид водорода; 10 – аммиак; 11 – формальдегид; 12 – бенз(а)пирен [3]

Из диаграммы видно, что в 2018 г. среднегодовая концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе городов России превысила ПДК в 1,9 раза; концентрация остальных веществ была менее 1 ПДК.

По данным Росгидромета, анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха в отдельных городах федеральных округов в 2018 году показывает, что около 60% наиболее загрязненных городов (26 из 46 городов) расположены в Сибирском федеральном округе. В 56 районах России высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха в городах не наблюдалось.

По данным Росприроднадзора, общее количество загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу в 2018 году, составило 32 327 000 тонн, что на 0,8% больше, чем в 2017 году. В целом, на территории Российской Федерации к наиболее загрязненным по критерию атмосферного воздуха от стационарных источников можно считать Сибирский федеральный округ, что связано с большим балансом производства. Наименьший вклад в загрязнение атмосферы вносит Северо-Западный федеральный округ. Что касается нестационарных источников самые высокие показатели отмечаются в Центральном федеральном округе и связано это с тем, что транспортная сеть в данном районе наиболее плотная по отношению к территории, а также здесь сосредоточено большинство крупных городов Российской Федерации. Наименьший объем от стационарных источников также отмечается в Северо-Западном федеральном округе.

Основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух с выбросами предприятий различных отраслей промышленности и транспорта, являются пыль, диоксид серы, оксиды азота и исследуемый в нашей работе оксид углерода. [3]

Существует много загрязняющих веществ, которые являются основными факторами заболеваний у людей. Среди них твердые частицы, частицы переменного, но очень малого диаметра, проникают в дыхательную систему при вдыхании, вызывая респираторные и сердечно-сосудистые заболевания, дисфункцию репродуктивной и центральной нервной системы и рак. Несмотря на то, что озон в стратосфере играет защитную роль от ультрафиолетового излучения, в высоких концентрациях на уровне земли он вреден, воздействуя также на дыхательную и сердечно-сосудистую системы. Кроме того, оксид азота, диоксид серы, летучие органические соединения (ЛОС), диоксины и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) считаются загрязнителями воздуха, вредными для человека. Угарный газ может даже спровоцировать прямое отравление при вдыхании в больших количествах. Тяжелые металлы, такие как свинец, при попадании в организм

человека могут привести к прямому отравлению или хронической интоксикации, в зависимости от воздействия. Заболевания, возникающие из-за вышеупомянутых веществ, включают главным образом респираторные заболевания, такие как хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), астма, бронхолит, а также рак легких, сердечно-сосудистые заболевания, дисфункции центральной нервной системы и кожные заболевания. И последнее, но не менее важное: изменение климата в результате загрязнения окружающей среды влияет на географическое распространение многих инфекционных заболеваний, как и стихийные бедствия. Единственный способ решить эту проблему — это повысить осведомленность общественности в сочетании с междисциплинарным подходом научных экспертов; национальные и международные организации должны реагировать на появление этой угрозы и предлагать устойчивые решения.

Взаимодействие между людьми и их физическим окружением было тщательно изучено, поскольку на окружающую среду влияет множество видов человеческой деятельности. Среда представляет собой совокупность биотического (живые организмы и микроорганизмы) и абиотического (гидросфера, литосфера, атмосфера).

Загрязнение определяется как поступление в окружающую среду веществ, вредных для человека и других живых организмов. Загрязняющие вещества — это вредные твердые вещества, жидкости или газы, образующиеся в концентрациях, превышающих обычные, которые снижают качество окружающей среды.

Деятельность человека оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду, загрязняя воду, которую мы пьем, воздух, которым мы дышим, и почву, на которой растут растения. Хотя промышленная революция имела большой успех с точки зрения технологии, общества и предоставления множества услуг, она также привела к производству огромного количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух, которые вредны для здоровья человека. Без сомнения, глобальное

загрязнение окружающей среды считается международной проблемой общественного здравоохранения, имеющей множество аспектов. С этой серьезной проблемой связаны социальные, экономические и законодательные проблемы, а также образ жизни. Ясно, что в нашу эпоху урбанизация и индустриализация достигают беспрецедентных и тревожных масштабов во всем мире. Антропогенное загрязнение воздуха является одной из самых больших опасностей для здоровья населения во всем мире, учитывая, что на его долю приходится около 9 миллионов смертей в год.

Без сомнения, все вышеперечисленное тесно связано с изменением климата, и в случае опасности последствия могут быть тяжелыми для человечества. Изменения климата и последствия глобального планетарного потепления серьезно влияют на многие экосистемы, вызывая такие проблемы, как проблемы с безопасностью пищевых продуктов, таяние льдов и айсбергов, вымирание животных и повреждение растений.

Загрязнение воздуха имеет различные последствия для здоровья. На здоровье восприимчивых и чувствительных людей может повлиять даже дни с низким уровнем загрязнения воздуха. Кратковременное воздействие загрязнителей воздуха тесно связано с ХОБЛ (хронической обструктивной болезнью легких), кашлем, одышкой, свистящим дыханием, астмой, респираторными заболеваниями и высокими показателями госпитализации (показатель заболеваемости).

Долгосрочные эффекты, связанные с загрязнением воздуха, включают хроническую астму, легочную недостаточность, сердечно-сосудистые заболевания и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний. Диабет, по-видимому, возникает после длительного воздействия загрязненного воздуха. Кроме того, загрязнение воздуха, по-видимому, имеет различные пагубные последствия для здоровья человека в раннем возрасте, такие как респираторные, сердечно-сосудистые, психические и перинатальные расстройства, приводящие к младенческой смертности или хроническим заболеваниям во взрослом возрасте.

## **2 Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург**

Для того, чтобы определить степень загрязнения атмосферного воздуха на урбанизированной территории от такого источника загрязнения, как автомобильный транспорт, нужно учитывать такие показатели как химический состав загрязняющей примеси и его количество и климатические условия. К последним можно отнести рассеивание, перенос и превращение загрязняющих примесей. Анализируя территорию, на которой находится г. Санкт-Петербург и его микроклимат, можно сделать вывод, что для распределения загрязняющих веществ, их рассеивания и переноса город обладает весьма благоприятными условиями, ввиду морского климата, где ветровой режим и обильное количество осадком являются постоянным критерием.

В Санкт-Петербурге постоянные наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха проводит ФГБУ «Северо-Западное УГМС» на стационарных постах (ПНЗ), расположенных по всему городу в разных районах.

Для дискретных наблюдений за качеством атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург функционируют 9 стационарных постов Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды, принадлежащих ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (данные за 2020 год).

Непрерывные наблюдения за содержанием диоксида серы, оксида углерода, оксида азота, диоксида азота, озона в приземном слое воздуха города производятся с помощью газоанализаторов на станциях Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (АСМ), принадлежащей Комитету по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. [4]

В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями разовые и среднесуточные предельно допустимые концентрации (ПДК) являются основными характеристиками токсичности примесей, содержащихся в воздухе. ПДК – санитарногигиенический норматив, установленный Минздравсоцразвития России.

Для оценки качества атмосферного воздуха, полученные при измерениях на стационарных постах концентрации загрязняющих веществ (в мг/м<sup>3</sup> , мкг/м<sup>3</sup> , нг/м<sup>3</sup> ) сравнивают с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), которые установлены гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Для того, чтобы определить оценку загрязнения атмосферного воздуха пользуются следующими показателями: средняя концентрация примеси (сравнивается со среднесуточной ПДК (ПДКс.с.)); стандартный индекс, стандартный индекс (СИ) - наибольшая разовая концентрация любого вещества, деленная на ПДК максимальную разовую (ПДКм.р.); наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДКм.р., выраженная в процентах (НП, %); комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) - учитывает вклад отдельных примесей в общий уровень загрязнения, выбираются 5 примесей с наибольшими парциальными значениями ИЗА. Для оценки качества воздуха за месяц принимаются показатели СИ и НП. Степень загрязнения атмосферы за год определяется по комплексному ИЗА. Значение комплексного ИЗА рассчитывается по пяти примесям, с наибольшими парциальными значениями ИЗА (при этом в расчете участвуют только те примеси, для которых имеются ПДКс.с.). [5]

Схема расположения постов и станций мониторинга состояния загрязненности воздуха на территории Санкт-Петербурга представлена на рисунке 2.



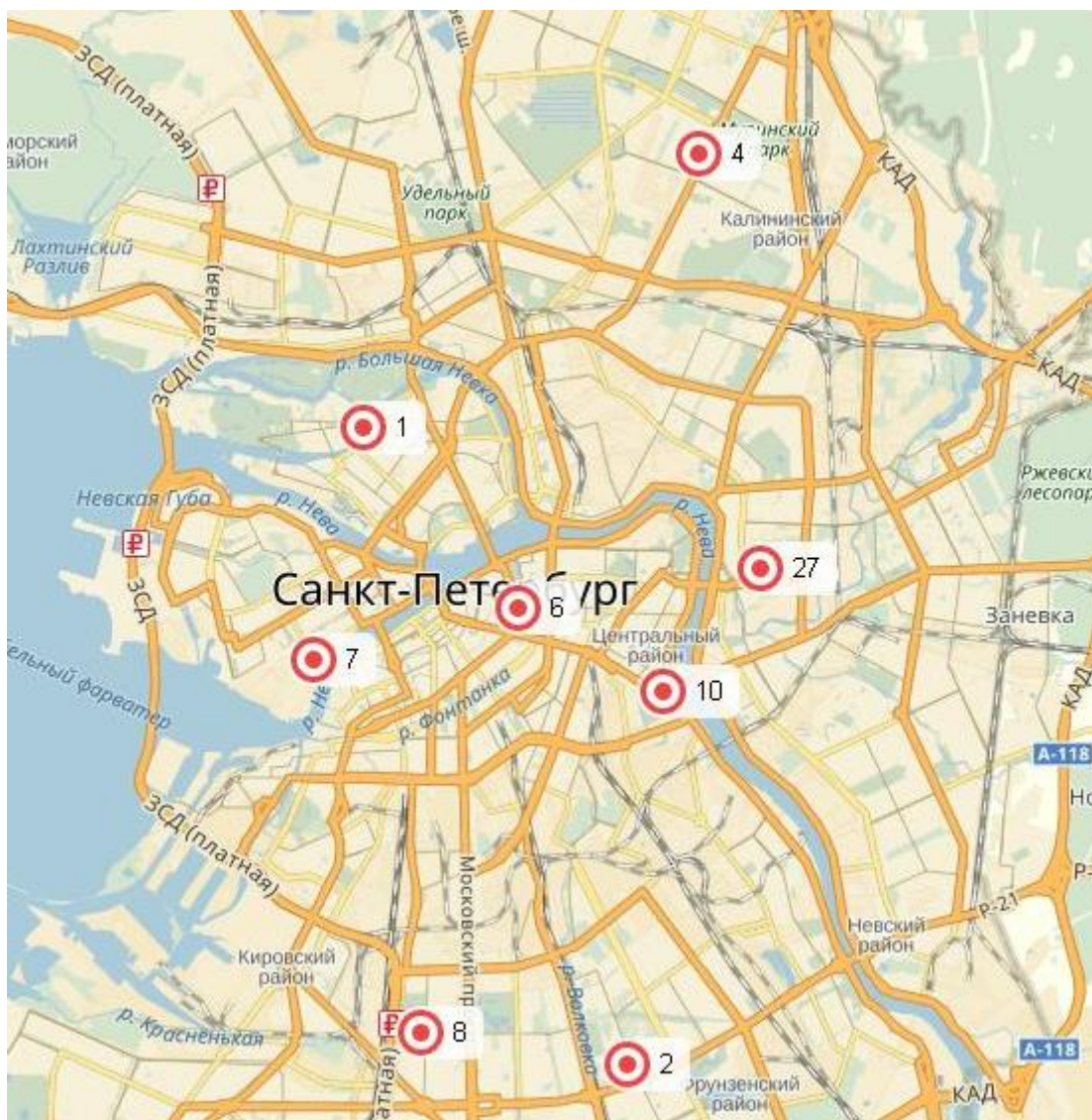


Рис. 2.1 - Схема расположения постов и станций мониторинга состояния загрязненности воздуха на территории Санкт-Петербурга [4]

Ниже представлено описание основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в Санкт-Петербурге в различных районах города.

Концентрации оксида углерода, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений в целом по городу средняя за год концентрация оксида углерода составила 0,1 ПДКс.с., максимальная из разовых концентраций была измерена в мае 2020 года на автоматической станции № 16 в Московском районе и превысила ПДКм.р. в 3 раза (СИ - 3). Наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДК составила 0,1 %.

Концентрации диоксида азота/оксида азота. Средняя за год концентрация диоксида азота в целом по городу, рассчитанная по данным дискретных и непрерывных измерений, составила 0,7 ПДКс.с. Что касается максимальная концентрация (СИ - 4,1) была измерена в августе в Красносельском районе (пост № 12), наибольшее значение НП в целом по городу - 1 %. Различия среднегодовых концентраций в целом по городу и значений СИ и НП диоксида азота за 2016-2020 годы представлен на рисунке. 2.2.

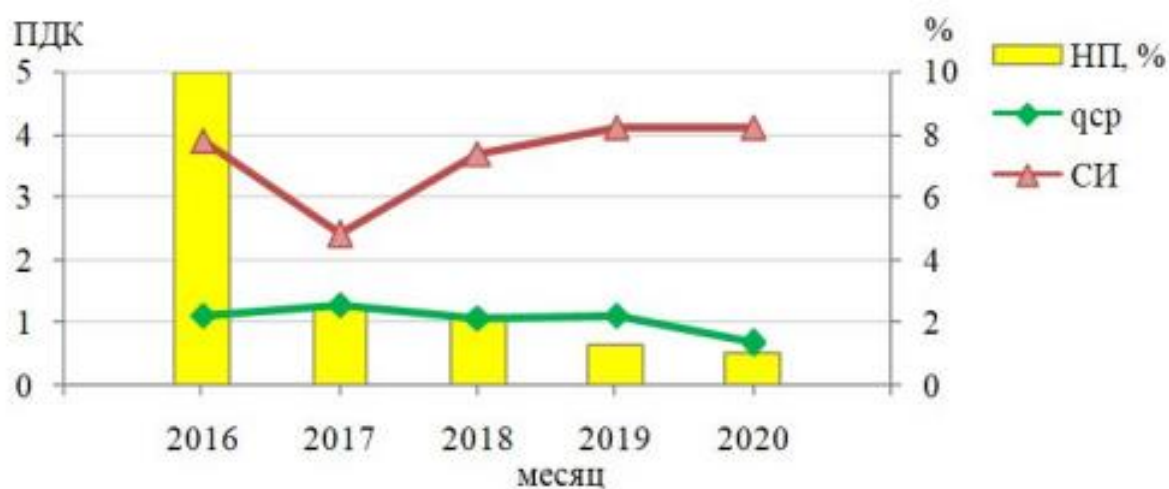


Рис. 2.2 - Изменение среднегодовых концентраций в целом по городу, значений СИ, НП диоксида азота за 2016-2020 годы [4]

Среднегодовая концентрация оксида азота, рассчитанная с учетом дискретных и непрерывных измерений, составила 0,1 ПДКс.с., максимальная концентрация - 2,2 ПДКм.р. (Курортный район, автоматическая станция № 11, ноябрь).

Концентрации бенз(а)пирена. Результаты наблюдений свидетельствуют об отсутствии изменений загрязнения воздуха города бенз(а)пиреном по сравнению с предыдущим годом. В целом по городу средняя за год концентрация составила 0,3 ПДКс.с., как и в 2019 г. Среднегодовые концентрации по отдельным постам изменялись в пределах 0,2-0,6 ПДКс.с. (рисунок 2.4). Наибольшие среднемесячные концентрации превысили ПДКс.с. в 1,2 раза (октябрь, СИ - 1,2) и были зафиксированы в Калининском (пост № 4), Московском (пост № 8) и Центральном районах (пост № 10).

Динамика изменения среднегодовых концентраций бенз(а)пирена за 2011-2020 годы отображена на рис. 2.3.

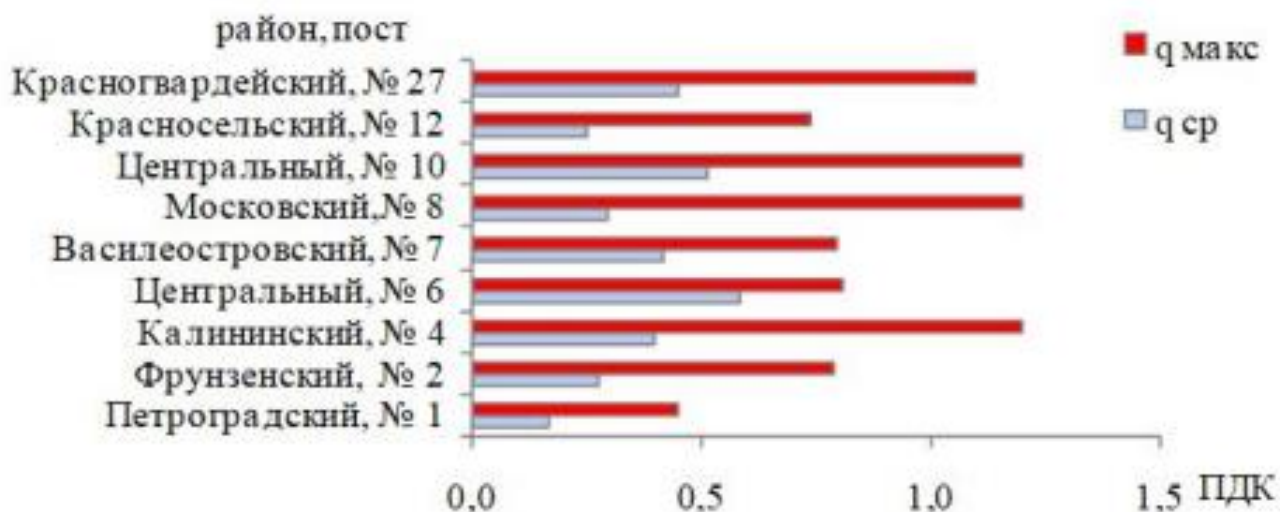


Рис. 2.3 - Распределение по постам наибольших концентраций (q макс) и среднемесячных концентраций (q ср) бенз(а)пирена в 2020 году [4]

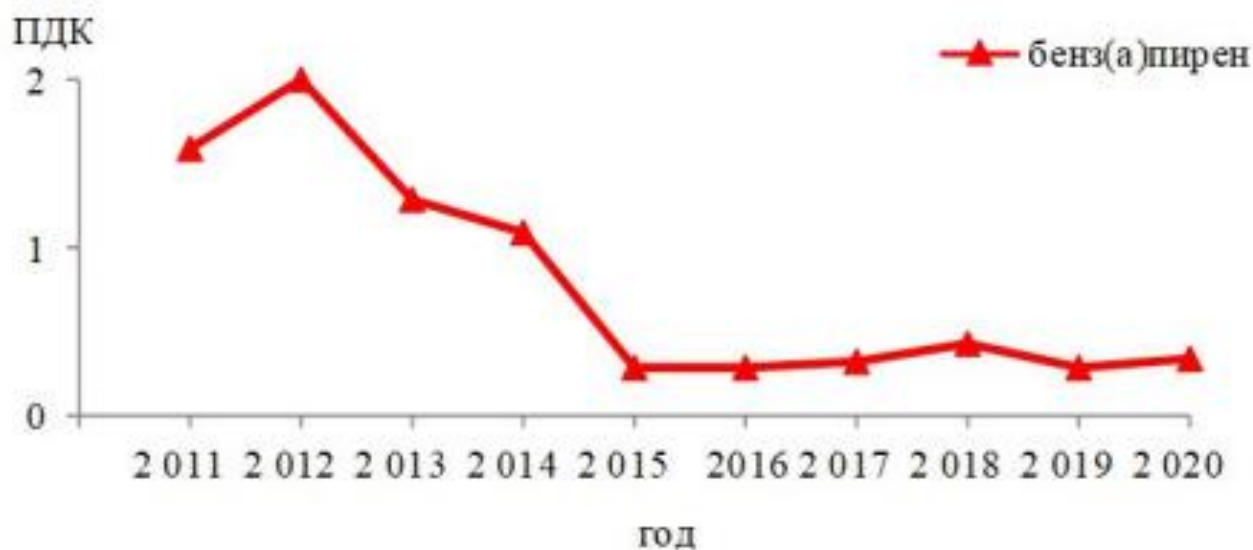


Рис.2.4 – Динамика изменения среднегодовых концентраций бенз(а)пирена в целом по городу за период с 2011 по 2020 годы [4]

В целом, тенденция за период 2016-2020 гг. и средние за год концентрации растворимых сульфатов, озона, суммы ксилолов и бензола возросли, взвешенных веществ, оксида углерода, оксидов азота, аммиака, хлористого водорода, фенола, формальдегида и толуола – снизились, а диоксида серы, сероводорода, бенз(а)пирена и этилбензола не изменились. [4]

В Санкт-Петербурге эксплуатируется 1,9 млн легковых автомобилей, из них около 95% бензиновые двигатели. В городах остро стоит проблема парковки на дворовых территориях, что представляет экологическую опасность для города жителей, так как выбросы загрязняющих веществ от двигателей при их холодном пуске и прогреве в несколько раз превышают выбросы загрязняющих веществ от прогретых двигателей.

Отличительной особенностью территорий в историческом центре Санкт-Петербурга и прилегающих районах является квартальная застройка с возведением зданий по периметру. Здания возводились на свободных территориях, появились узкие улочки и колодезные дворы, однако они не соответствовали санитарным требованиям и были недостаточная инсоляция и аэрация.

Следует отметить, что загрязнение воздуха на парковках во дворе представляет особую угрозу для здоровья жителей близлежащих зданий, так как такие твердые частицы могут адсорбировать токсичные и канцерогенные вещества на их поверхности, а благодаря малым размерам ( $\leq 10$  мкм) могут проникать в кровеносную систему человека повышение риска бронхолегочных, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний

### 3. Особенности токсического воздействия монооксида углерода на организм человека

Угарный газ (СО) представляет собой бесцветный газ без запаха, который очень стабилен и сохраняется в атмосфере от двух до четырех месяцев.

Угарный газ - молярная масса  $28,0101 \pm 0,0011$  г/моль, плотность 1,250 г/л при 0°C, 760 мм рт.ст. (воздух - средняя относительная молярная масса 28,965338 г/моль, плотность 1,2929 г/л при 0°C, 760 мм рт.ст.). Угарный газ горит голубым пламенем с образованием углекислого газа (СО<sub>2</sub>). Содержание оксида углерода в воздухе на уровне 12,5-74% взрывоопасно.

Оксид углерода образуется при окислении СН<sub>4</sub> или NMHC, таких как изопрен. Другими важными источниками СО являются сжигание биомассы и сжигание ископаемого топлива. Доминирующим поглотителем СО является окисление ОН.

Максимально допустимый уровень:

- Атмосферный воздух: максимальная разовая ПДК - 5 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточная ПДК 3 мг/м<sup>3</sup>; 4 класс опасности;

- воздух в рабочей зоне: ПДК (состояние) - 20 мг/м<sup>3</sup> (пар); 4 класс опасности.

Абсорбция вдыхаемого монооксида углерода происходит в газообменной зоне дыхательных путей после вдыхания. После всасывания метиленхлорид метаболизируется в печени до монооксида углерода. Период полураспада окиси углерода после воздействия метиленхлорида может быть продлен из-за продолжающегося всасывания и метаболизма. Большая часть окиси углерода обратимо связывается с гемоглобином (Hb) в эритроцитах; меньшие количества остаются в растворе или связываются с клеточными цитохромами. Поглощение молекул монооксида углерода Hb является функцией парциального давления монооксида углерода и кислорода в альвеолах, а также концентраций монооксида углерода и кислорода в крови.

Сродство угарного газа к гемоглобину в 200–250 раз выше, чем у кислорода. Карбоксигемоглобин полностью диссоциирует, а окись углерода высвобождается и выводится через легкие после прекращения воздействия окиси углерода. Небольшие количества окисляются до углекислого газа.

После связывания с гемоглобином для вытеснения кислорода и образования карбоксигемоглобина угарный газ быстро распространяется по всему телу, вызывая удушье. Большая часть массы тела существует в виде карбоксигемоглобина, связанного с гемоглобином эритроцитов, тогда как около 10% находится во внесосудистом пространстве.

Угарный газ выводится через легкие. Диссоциация и выделение монооксида углерода происходят быстро после прекращения воздействия, но замедляются по мере снижения уровня карбоксигемоглобина. Сердечно-сосудистые повреждения могут быть результатом образования карбоксимиоглобина и вазодилатации из-за клеточных эффектов окиси углерода. Клинические неврологические эффекты и любые отсроченные неврологические последствия могут быть связаны с асфиксией, а также перекисным окислением липидов и гипотензией, которые вызывают ишемически-реперфузионное повреждение.

Одной из современных причин отравления в быту и на производстве является выдыхание выхлопных газов автомобилей и других транспортных средств, электростанций в плохо проветриваемых помещениях (в гаражах с закрытыми воротами, в парке, в автомобилях с запущенным двигателем, даже в подвалах гаражей и даже в салонах автомобилей с работающим двигателем на открытом воздухе. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания на больших высотах значительно увеличивает риск отравления. Отравление угарным газом чаще всего происходит в помещениях с малым движением воздуха (капонеры, тоннели и др.).

Источником оксида может быть зажигание в силовых установках, в том числе при использовании атомной энергии космонавтами на космических

станциях (зажигание, разгерметизация). Специальные услуги по очистке сточных вод от токсичных стоков обойщиков.

Оксидное отравление возможно у лиц, установивших профессиональный контакт с продуктами горения (спасатели, пожарные, мусорщики, повара, строители и др.), а также у диспетчеров и персонала автостоянок в климатических условиях, случаях окисных аварий в атмосфера.

Возможно групповое и массовое удаление угарного газа. Случаи группового отравления нередки в больших закрытых помещениях, ресторанах, ночных клубах, крытых катках, церквях, пострадавших от отравления, всего вшей десятки.

Ниже приведены виды отравления по степени воздействия на человека:

а) Отравление легкой степени (содержание  $\text{HbCO}$   $27,23 \pm 2,17 \%$ , и выше) протекает без потери сознания на месте происшествия, у пострадавших преобладают т.н. психосенсорные нарушения (головная боль с локализацией в висках или в виде обруча, головокружение, тошнота, боли в животе, слабость, нарушение сна). Состояние ближе к удовлетворительному, незначительно учащены пульс и дыхание, отмечается умеренная артериальная гипертензия. Жалобы на головную боль отмечены при уровне  $\text{HbCO}$   $27,77 \pm 1,72\%$ , головокружение  $27,77 \pm 1,72\%$ , озноб  $25,21 \pm 0,95\%$ , шум в ушах  $-11,59 \pm 0,09\%$ .

б) Отравление средней степени тяжести (содержание  $\text{HbCO}$   $30\%$  и выше) характеризуются кратковременной потерей сознания, оглушенностью, амнезией на предшествующие события, дезориентацией, иногда судорогами, инспираторной одышкой, артериальной гипертензией, гипоксией миокарда, нарушением координацией движений. Появляются стволово-мозжечковые, пирамидные и экстрапирамидные симптомы. Возможны трофические расстройства. Концентрационные пороги  $\text{HbCO}$  могут составлять от  $30,60 \pm 2,16\%$  до  $38,20 \pm 1,81\%$ .

в) Тяжелое отравление (содержание НbCO около 50 %) сопровождается коматозным состоянием, эпилептиформными судорогами, выраженными расстройствами дыхания и сердечно-сосудистой деятельности. Часто наблюдается осложнение в виде трофических расстройств, нарушения функции почек. Кома развивается при уровне НbCO превышающем 40%, и при ее длительности свыше  $3,23 \pm 0,70$  часа, что уже представляет непосредственную угрозу для жизни пострадавших. Характерной чертой тяжелой токсической комы является развитие гипорефлексии при уровне НbCO  $47,16 \pm 2,23\%$  и гипертермии НbCO -  $51,07 \pm 3,48\%$ . Характерными для тяжелого отравления являются: нарастающий отек мозга при НbCO  $53,53 \pm 5,87\%$  и плохо купируемый отек легких (НbCO  $55,93 \pm 4,19\%$ ).

г) Риск наступления смерти высокий при содержании НbCO около 60-70 %, а при уровне НbCO больше 70 % - быстрая смерть.

Примечание: карбгемоглобин (НbCO) - образуется при отравлении угарным газом (CO), при этом гемоглобин теряет способность присоединять кислород. [9]

Угарный газ влияет на парниковые газы, которые тесно связаны с глобальным потеплением и климатом. Это может приводить к повышению температуры почвы и воды, а также могут возникнуть экстремальные погодные условия или штормы.

Однако в лабораторных и полевых экспериментах было замечено, что он увеличивает рост растений.

Поскольку монооксид углерода обычно является основным поглотителем ОН в негородских и нелесных районах, концентрация и распределение ОН часто определяются концентрациями CO в окружающей среде, хотя CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>O и т. д. также могут быть определяющими факторами. Важной особенностью CO внетропических широт является его сезонный ход; он накапливается в атмосфере зимой, когда концентрации ОН низкие, но весной CO быстро истощается по реакции (5.14).

На рис. 3 показаны спутниковые измерения угарного газа по миру.



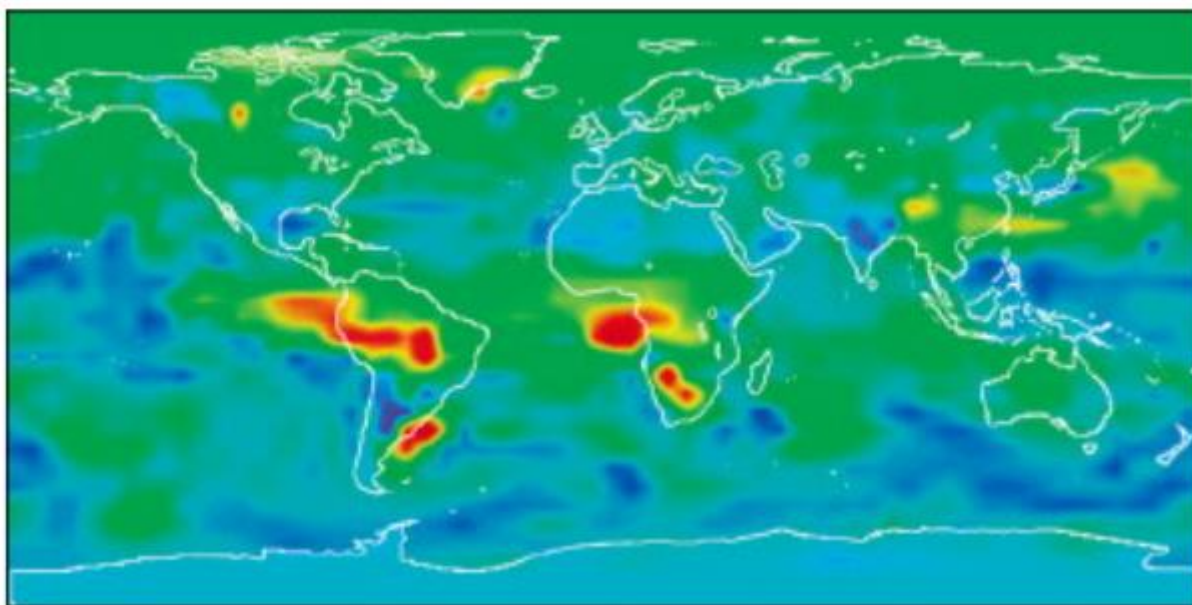


Рисунок 3 – Спутниковые измерения CO [10]

Высокая концентрация монооксида углерода, исходящего из Южной Америки и Африки, обусловлена сжиганием биомассы. Шлейфы медленно перемещаются по южному полушарию и могут быть обнаружены в Австралии в сухой сезон. Сильный источник CO из-за промышленных выбросов также очевиден в Юго-Восточной Азии; этот шлейф иногда может достигать Северной Америки.

Угарный газ (CO) является компонентом выхлопных газов автомобилей, на долю которого приходится около 60 процентов всех выбросов CO. Другие источники выбросов CO включают промышленные процессы, сжигание топлива, не связанного с транспортом, и естественные источники, такие как лесные пожары.

Источники транспорта вносят наибольший вклад в выбросы CO, при этом на сжигание топлива приходится около 7 процентов выбросов CO. На электроэнергетику приходится менее 0,5% от общего объема выбросов CO [10].

Подобно органическим соединениям, он образуется при неполном сгорании топлива. Это компонент выхлопных газов автомобилей, на который приходится около 56 процентов всех выбросов CO в стране, а на внедорожные двигатели и транспортные средства приходится еще 22

процента. Высокие концентрации СО возникают в районах с интенсивным движением транспорта, где до 95 процентов всех выбросов СО может быть связано с выхлопными газами автомобилей. Другие источники включают промышленные процессы, нетранспортное сжигание топлива и природные источники, такие как лесные пожары.

Выбросы окиси углерода от угольных котлов, как правило, невелики. Подобно выбросам органических углеводородов, СО может образовываться во время запуска или сбоя системы. Кроме того, системы с хорошим контролем горения, типичным для электростанций, производят мало СО.

Таким образом, по степени воздействия на природную среду можно выделить следующие несколько последствий.

Экологические последствия.

Угарный газ не оказывает вредного воздействия на поверхности материалов. При концентрациях в окружающей среде эксперименты не показали, что СО оказывает какое-либо вредное воздействие на жизнь растений. Установлено, что окись углерода является второстепенным участником фотохимических реакций, приводящих к образованию озона.

Влияние на здоровье

Высокие концентрации СО могут вызвать физиологические и патологические изменения и, в конечном итоге, смерть. Угарный газ попадает в кровоток через легкие и снижает доставку кислорода к органам и тканям организма. Угроза здоровью от более низких уровней СО наиболее серьезна для тех, кто страдает сердечно-сосудистыми заболеваниями, такими как стенокардия. При гораздо более высоких уровнях воздействия СО может быть ядовитым, и даже здоровые люди могут быть затронуты. Нарушение зрения, снижение работоспособности, снижение ловкости рук, плохая способность к обучению и трудности при выполнении сложных задач связаны с воздействием повышенных уровней СО.

## **4 Наблюдение и оценка содержания угарного газа вдоль автомобильных дорог в г. Санкт-Петербурге**

### **4.1 Особенности распределения загрязняющих примесей на территории урбанизированных территорий**

При анализе загрязнения воздушного бассейна автотранспортом в городах можно выделить три этапа. Первый этап характеризуется определением количества токсических примесей, выбрасываемых автотранспортом в процессе сгорания топлива. Вторым этапом необходимо выявить ряд особенностей транспортных потоков на урбанизированной территории и изменения их со временем. Последний этап предполагает оценку количества выбрасываемых примесей в отдельных районах города.

Когда отходящие газы поступают в атмосферу, на них начинают воздействовать внешние условия — метеорологические (давление, температура, скорость и направление движения воздуха), расположение сооружений, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ. Все эти факторы влияют на распространение дыма от трубы и перенос загрязняющих веществ на дальние расстояния. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное — распределением температур в вертикальном направлении.

Среди климатических условий, имеющих наибольшее влияние на загрязнение атмосферного воздуха, можно выделить следующие метеорологические параметры, влияющим на рассеивание загрязняющих примесей: скорость и направление ветра, температура, влажность, количество, интенсивность и продолжительность осадков, циркуляция воздушных потоков, инверсии.

Направление и скорость движения ветра не остаются постоянными, вследствие чего меняется степень загрязнения. Скорость движения ветра возрастает с увеличением перепада атмосферного давления. В приземном

слое атмосферы скорость движения ветра больше днем, а на высоте — ночью.

При осадках мы можем наблюдать очищение атмосферного воздуха от загрязняющих примесей, вследствие чего после длительных интенсивных осадков высокие концентрации примесей в атмосфере практически не наблюдаются.

Туманы считаются неблагоприятным метеорологическим фактором и свидетельствуют о застойных явлениях в приземном слое. Капли тумана поглощают загрязняющую примесь, однако не только в приземном слое, но и увеличиваясь по высоте, вследствие чего концентрация примесей значительно возрастает в слое тумана и уменьшается над ним.

Температурная стратификация атмосферы определяет одно из ее нескольких состояний. Для рассеивания наиболее благоприятным является такое состояние, когда происходит интенсивное перемешивание воздушных объемов в вертикальном направлении. В ином случае состояние рассеивания заметно ухудшается. Наиболее неблагоприятным является такое состояние, как инверсия. [11]

В том числе для анализа концентрации загрязняющих веществ в условиях урбанизированных территорий немаловажно учитывать расположение улиц по отношению к направлению ветра. При равном значении расстояния ширины улицы и высоты зданий ветер будет образовывать вихрь при его перпендикулярном направлении, который в свою очередь будет очищать воздух от загрязняющих веществ в приземленном слое атмосферы вдоль наветренной стороны улицы и переносить загрязняющие примеси к противоположной. Иные соотношения размеров будет менять ветровой режим вдоль улиц.

При других соотношениях размеров ветровой режим меняется, и загрязненный воздух либо сдувается из уличного каньона, либо образуется двойной вихрь, который интенсивно перемешивает воздух и ликвидирует отмеченный эффект. Изучение условий длительного сохранения высокого

уровня загрязнения атмосферы в течение нескольких дней представляет значительный интерес с точки зрения прогнозирования опасных периодов с целью защиты атмосферы городов. Известно, что опасность от создавшегося высокого уровня загрязнения атмосферы возрастает пропорционально времени, в течение которого этот уровень сохраняется.

Стоит отметить, что зимой наблюдается более частая повторяемость длительных периодов высокого загрязнения воздуха, чем в летний период времени, в связи с тем, что в зимний период времени продолжительное сохранение опасных метеорологических условий выше, чем летом. [12]

Наличие зданий на местности в целом вызывает изменения всех характеристик воздушного течения. Однако изменение скорости воздушного потока в вертикальном направлении в слое вблизи земли, где в основном и проявляется влияние городской застройки, влияет на максимальную наземную концентрацию примеси относительно слабее, чем скорости горизонтального ветра.

Как правило, размеры кварталов превосходят ширину улицы. Внутри городской застройки примесь переносится ветром не во всем пространстве, а только в его части, не занятой домами, (т. е. при равных скоростях ветра внутри городской застройки переносятся меньшие объемы воздуха, чем на ровном месте).

Уменьшение скорости переноса примеси внутри застройки весьма существенно, особенно если учесть, что скорость ветра на улицах города уже в несколько раз меньше, чем на открытом месте. Направление переноса загрязняющей примеси воздушным потоком зависит от скоростей ветра на улицах и направления последних. [13]

## **4.2 Натурные измерения уровня загрязнения воздуха угарным газом вдоль автомобильных дорог в Петроградском и Василеостровском районах г. Санкт-Петербург**

Санкт-Петербург является центром автомобильных перевозок, который находится на пересечении транспортных путей, соединяющий континентальную Европу и Скандинавский полуостров, страны Балтики и центральные района РФ. Для снижения загрузки городских автомагистралей транзитным транспортом была построена кольцевая автомобильная дорога (КАД) вокруг г. Санкт-Петербург протяжённостью 142,15 км. Дороги общего пользования города (в том числе и федерального значения 74,6 км) составляют 3536,4 км.

Выбросы от транспортных средств увеличиваются с увеличением населения.

Оксид углерода – продукт неполного сгорания топлива.

Уровень СО в выхлопных газах для современных автомобилей с впрыском топлива не должен превышать 0.5 %.

Возможные причины повышенного содержания СО следующие.

- отказ системы вентиляции картера;
- забиты воздушные фильтры;
- нарушение оборотов двигателя на холостом ходу; - повышенное давление топлива;
- любая другая неисправность, которая может привести к работе двигателя на обогащенной смеси. [14]

При сжигании бедных кислородом топлив в камере сгорания двигателя СО образуется в результате реакции холодного пламени, а также разложения углекислого газа при высоких температурах из-за плохого распыления топлива. При сгорании после пожара (после верхней мертвой точки, при нажатии на спусковой крючок) сгорание угарного газа может образовывать двуокись в присутствии кислорода. При этом процесс горения СО в дымоходе продолжается. Следует отметить, что, как правило, концентрацию

СО в бензиновых двигателях определяют потому, что при работе дизеля содержание СО в отработавших газах невелико (около 0,1-0,2%).

При плотном движении средняя скорость сообщения составляет 10-15 км/ч в центральной планировочной зоне, 20-26 км/ч в условиях плотной застройки, 6-10 км/ч в пробках. Системные сбои — обычное дело

Дороги, приближающиеся к 245 перекресткам, составляют примерно 20% от общего числа перекрестков. В то же время пробки на окраинах сохраняются с 7:30 до 10:30, с 17:00 до 20:30, а в центре с 8:30 до 22:00. джемы. Наблюдать можно до 01:30. Неблагоприятная транспортная зона охватывает всю магистральную сеть городских автомобильных дорог и значительную часть автомобильных дорог регионального значения. [15]

В разработанных для Санкт-Петербурга Региональных нормативах градостроительного проектирования (далее – РНГП) в качестве минимальных рекомендованы следующие расчетные показатели улично-дорожной сети:

- плотность улично-дорожной сети в Санкт-Петербурге в целом – 4 км/кв. км;
- плотность опорной улично-дорожной сети в Санкт-Петербурге в целом – 0,5 км/кв. км;
- плотность сети магистральных улиц – 2,2 км/кв. км. [16]

Для оценки содержания угарного газа и качества атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург при его загрязнении выбросами от автотранспорта на основании выше описанного была поставлена следующая задача: определить максимальные значения концентрации монооксида углерода, выбрасываемого автотранспортом в районах автомагистралей различных районов г. Санкт-Петербург, и периоды их наступления при различных метеоусловиях и интенсивности движения транспорта.

В выпускной квалификационной работе были сделаны замеры содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе по двум выбранным районам в г. Санкт-Петербурге – Петроградском и Василеостровском.

Петроградский административный район Санкт-Петербурга расположен на семи островах в северной и северо-западной части дельты Невы: Петроградском (бывшем Березовом или Городском острове), Петровском, Крестовком, Аптекарском, Заячьем, Каменном и Елагином острове.

Территория района включает в себя два крупных острова, разделенные небольшой рекой Смоленкой: Васильевский остров и остров Декабристов, а также небольшой Серный остров и считается одним из самых маленьких по площади районов Санкт-Петербурга.

На рисунках 4.1 – 4.6 представлены карты-схемы расположения маршрутных постов мониторинга (точки 1 – 10) за атмосферным воздухом вдоль автомобильных дорог Каменоостровского проспекта и Большой Зеленой улицы Петроградского района; Средний проспект Василеостровского острова и Наличной улицы Василеостровского района г. Санкт-Петербурга.

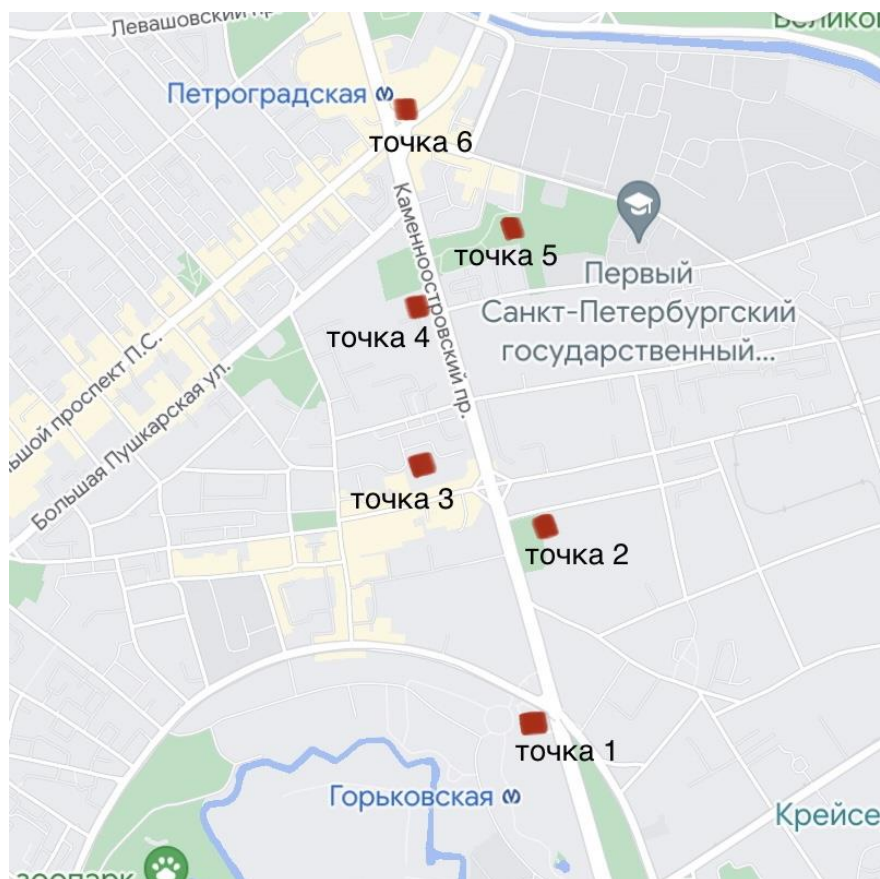




Рисунок 4.1 – Карта-схема расположения постов наблюдений содержания угарного газа в атмосферном воздухе в Петроградском районе (Каменноостровский проспект)

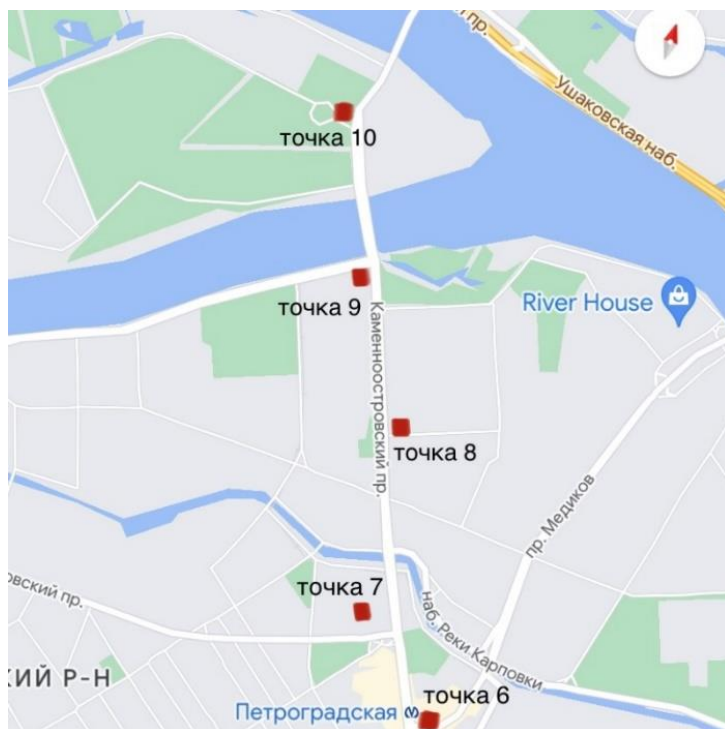


Рисунок 4.2 – Карта-схема расположения постов наблюдений за содержанием угарного газа в атмосферном воздухе в Петроградском районе (Каменноостровский проспект)

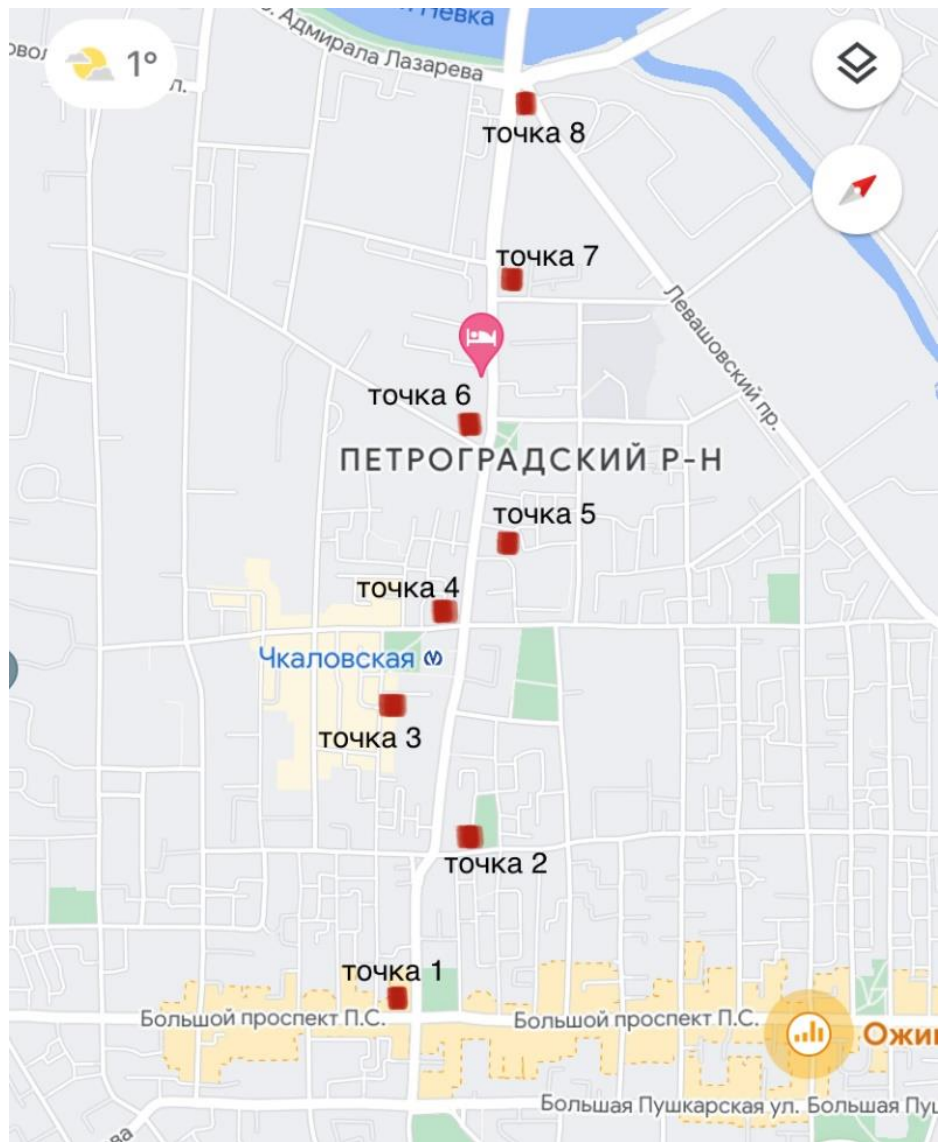


Рисунок 4.3 – Карта-схема расположения постов наблюдений за содержанием угарного газа в атмосферном воздухе в Петроградском районе (Улица Большая Зеленина)

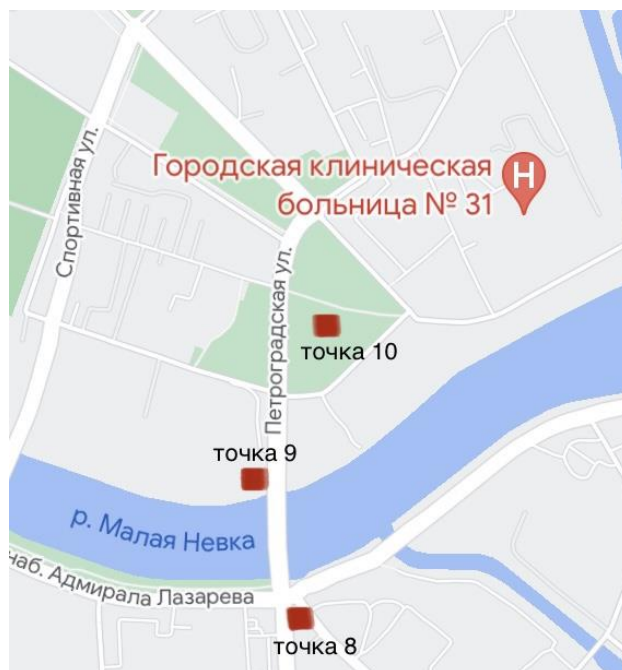


Рисунок 4.4 – Карта-схема расположения постов наблюдений за содержанием угарного газа в атмосферном воздухе в Петроградском районе (Улица Большая Зеленина)

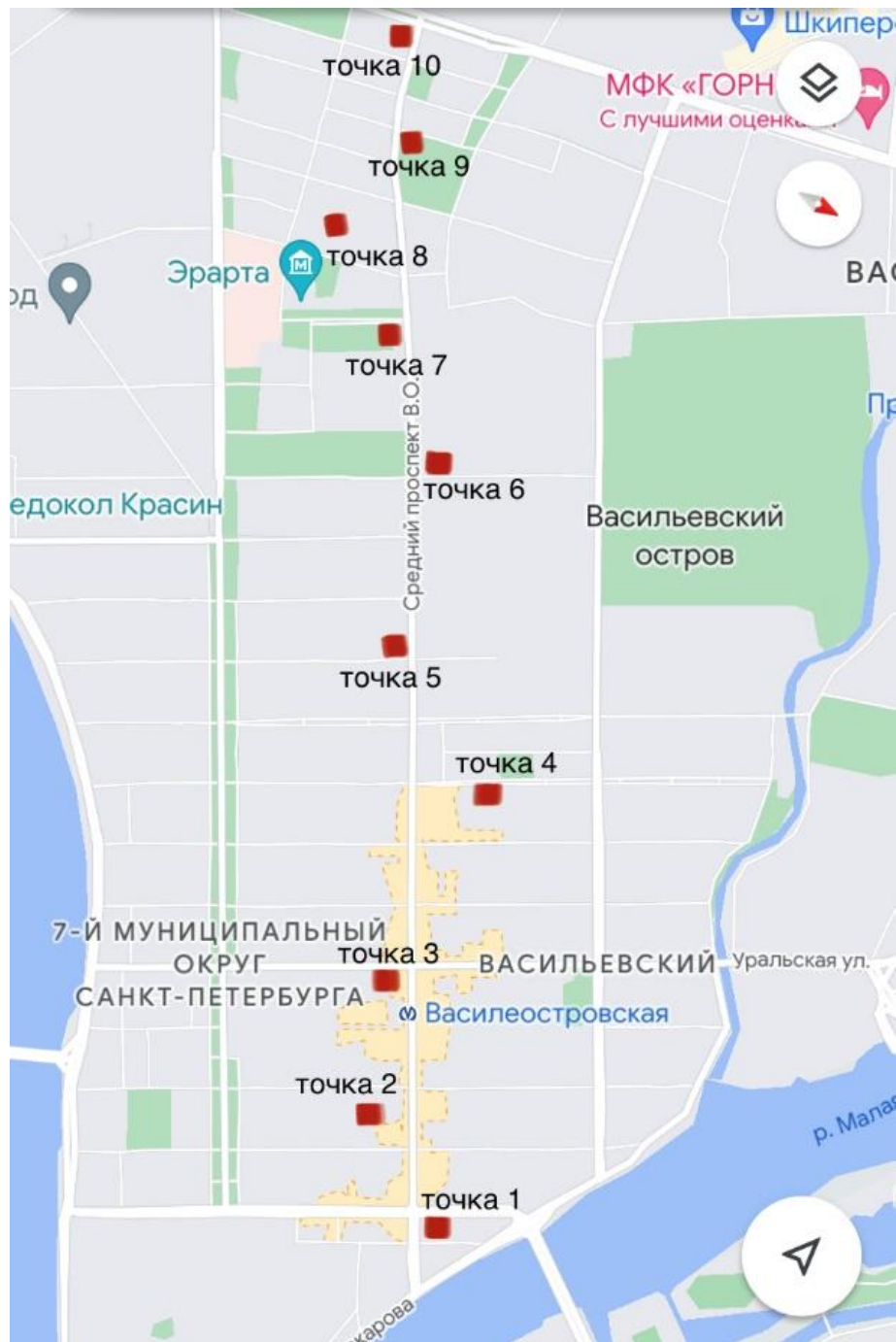


Рисунок 4.5 – Карта-схема расположения постов наблюдений за содержанием угарного газа в атмосферном воздухе в Василеостровском районе (Средний проспект Василеостровского острова)

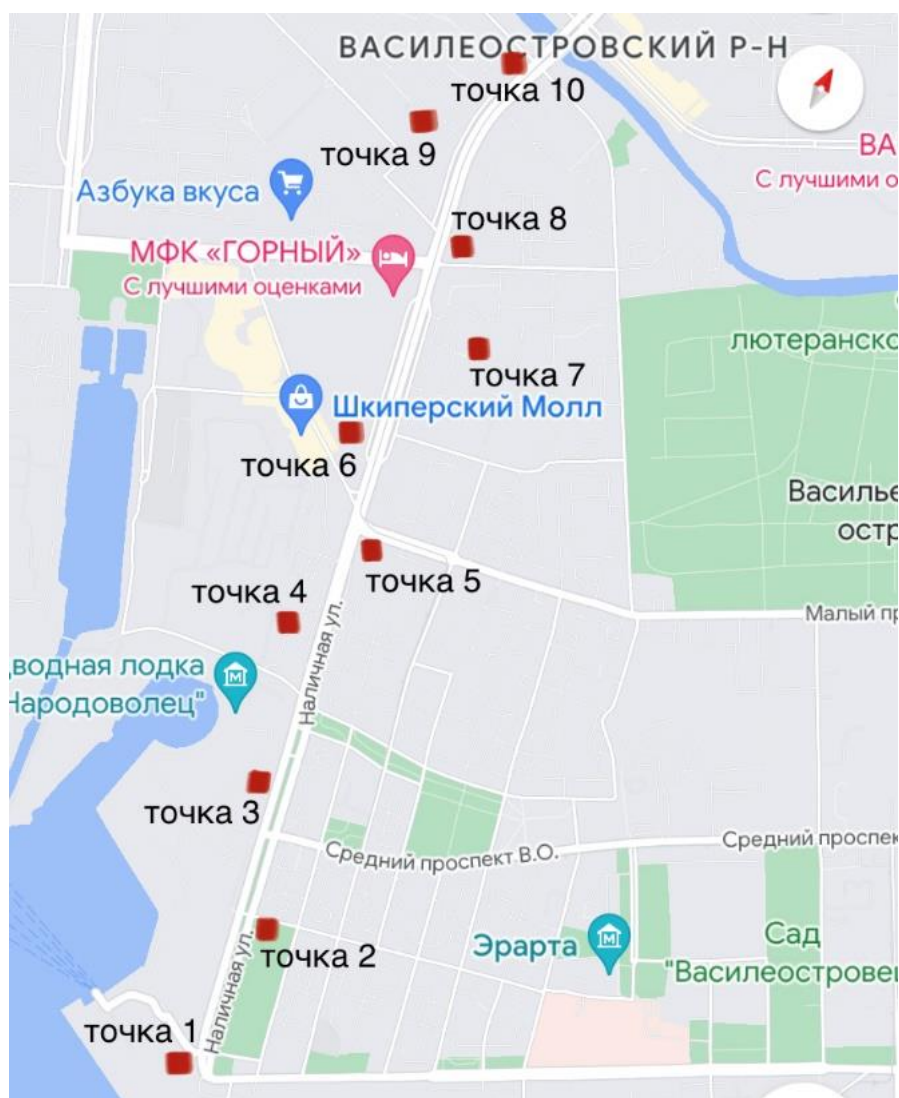


Рисунок 4.6 – Карта-схема расположения постов наблюдений за содержанием угарного газа в атмосферном воздухе в Василеостровском районе (Наличная улица)

В Петроградском районе исследования проводились от метро Горьковская на север вдоль Каменоостровского проспекта до метро Петроградская и вдоль Большой Зелениной улицы до улицы Петроградская на Крестовском острове. Для оценки содержания угарного газа в атмосферном воздухе были выбраны разные территории города: часть пешеходных зон, дворовая территория, несколько парковых территорий, в том числе Дивенский сад, сквер Низами, Колпинский сад, Ораниенбаумский сад, парк Тихий отдых, сквер Владимира Кондрашева.

В Василеостровском районе исследования проводились вдоль Среднего проспекта Василеостровского острова по направлению с востока на запад и

вдоль Наличной улицы по направлению с юга на север. Для анализа количества содержания исследуемого вещества также были выбраны пешеходные зоны, дворовые территории Шкиперский и Опочинский сад

Таблица 4.1 – Описание постов наблюдений и оценки содержания угарного газа в Петроградском и Василеостровском районах в г. Санкт-Петербург

№ п/п	Район	Автомагистраль	Пост	Координаты поста	Описание
1	Петроградский	Каменноостровский проспект	Точка 1	59.956317, 30.320313	Пешеходная зона, м. Горьковская, пересечение Каменноостровского проспекта с Кронверским проспектом
			Точка 2	59.959560, 30.318782	Территория Дивенского сада по улице Дивенская
			Точка 3	59.960343, 30.314363	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 4	59.962820, 30.314002	Пешеходная зона Каменноостровского проспекта напротив светофора
			Точка 5	59.962820, 30.314002	Дворовая территория – вход в сквер Низами
			Точка 6	59.966096, 30.311939	Площадь Льва Толстого
			Точка 7	59.968170, 30.307318	Дворовая территория напротив школы
			Точка 8	59.972825, 30.305674	Пешеходная зона вдоль улицы Чапыгина
			Точка 9	59.976434, 30.302130	Пересечение Каменноостровского проспекта и Песочной Набережной около реки Малая Невка

			Точка 10	59.979898, 30.298601	Территория парка «Тихий отдых»
		Улица Большая Зеленина	Точка 1	59.957761, 30.298572	Пересечение Большого проспекта П.С. и Рыбацкой улицы
			Точка 2	59.959702, 30.296160	Территория Колпинского сада
			Точка 3	59.960099, 30.292073	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 4	59.961450, 30.291547	Пересечение ул. Большой Зелениной и Чкаловского проспекта
			Точка 5	59.962652, 30.291485	Дворовая зона напротив жилого дома
			Точка 6	59.963179, 30.288271	Пересечение ул. Большой Зелениной и ул. Корпусная
			Точка 7	59.964669, 30.285557	Пешеходная зона вдоль ул. Большая Зеленина
			Точка 8	59.966416, 30.281935	Пересечение улиц Большая Зеленина, Левашовский проспект и Песочная набережная
			Точка 9	59.967700, 30.278440	Пешеходная зона около Большого Крестовского моста напротив реки Малая Невка
			Точка 10	59.969670, 30.277605	Территория сквера Владимира Кондрашева
2	Василеостровский	Средний проспект Васильевского острова	Точка 1	59.945772, 30.286408	Пешеходная зона на пересечении Кадетский проспект В.О. и Среднего проспекта В.О.
			Точка 2	59.943595, 30.282930	Дворовая территория

				напротив жилого дома	
			Точка 3	59.942316, 30.276626	Пешеходная зона вдоль 8-ой линии В.О.
			Точка 4	59.941907, 30.266844	Пешеходная зона вдоль 14-ой линии В.О.
			Точка 5	59.938559, 30.263203	Пешеходная зона вдоль 19-ой линии В.О.
			Точка 6	59.936653, 30.255160	Пересечение Среднего проспекта В.О. и 24-ой линии В.О.
			Точка 7	59.934584, 30.250160	Пешеходная зона вдоль 29-ой линии В.О.
			Точка 8	59.932951, 30.247334	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 9	59.932488, 30.241900	Территория Шкиперского сада
			Точка 10	59.931181, 30.237389	Пешеходная зона вдоль на пересечении Среднего проспекта В.О. и улицы Опочинина
		Наличная улица	Точка 1	59.926566, 30.238161	Пешеходная зона около Морского вокзала
			Точка 2	59.929581, 30.238074	Территория Опочинского сада
			Точка 3	59.932365, 30.235346	Пешеходная зона около выставочного комплекса Ленэкспо
			Точка 4	59.935494, 30.233691	Дворовая территория напротив жилого дома



			Точка 5	59.937331, 30.234251	Пересечение улиц Наличная и Малый Средний проспект В.О.
			Точка 6	59.938563, 30.232182	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 7	59.941805, 30.234763	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 8	59.943179, 30.231669	Пересечение улицы Наличная и Нахимова
			Точка 9	59.945328, 30.228152	Дворовая территория напротив жилого дома
			Точка 10	59.947255, 30.230082	Пешеходная зона в конце Наличной улицы

Оценка содержания количества монооксида углерода в атмосферном воздухе проводилась путем натуральных измерений с использованием специального прибора – детектор для обнаружения угарного газа «Smart Sensor As8700a Handheld Carbon Monoxide Meter» (рисунок 4.7). Измерения концентрации СО проводились на уровне органов дыхания человека – 1,5 м над уровнем земли.



Рисунок 4.7 – Прибор-измеритель содержания угарного газа «Smart Sensor As8700a Handheld Carbon Monoxide Meter» [17]

В таблице 4.2 представлены основные характеристики вышеуказанного прибора-измерителя.

Таблица 4.2 – Основные характеристики детектора для обнаружения угарного газа «Smart Sensor As8700a Handheld Carbon Monoxide Meter» [17]

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Детектируемый газ	CO
2	Единица измерения CO	ppm
3	Диапазон измерения CO	0÷1000 мг/м <sup>3</sup>
4	Частотный коэффициент	1 мг/м <sup>3</sup>
5	Минимальная концентрация	1 мг/м <sup>3</sup>
6	Точность	± 5 % или ±10 мг/м <sup>3</sup>
7	Время отклика	60 секунд
8	Тип сенсора	Стабилизированный электрохимический газоспецифический
9	Диапазон измерения t° C окружающей среды	0÷50° C

Наблюдения за содержанием монооксида углерода в атмосферном воздухе в Петроградском и Василеостровском районах г. Санкт-Петербург проводились три раза в день на протяжении рабочей недели: с 09:00 до 13:00 ч (утреннее время), с 13:00 до 17:00 ч (дневное время) и с 17:00 до 19:00 ч (вечернее время). В ночное время измерения не проводились. Температура воздуха во время измерения держалась в пределах 5-10° С.

Для наиболее точной оценки содержания угарного газа в приземном слое атмосферы вдоль автомобильных дорог на каждой точке маршрута было измерено от 5 до 10 значений концентрации с последующим усреднением.

Ниже представлены полученные данные содержания угарного газа в атмосферном воздухе в Петроградском и Василеостровском районах в утреннее, дневное и вечернее время.

В таблицах 4.3 – 4.6 представлены полученные концентрации монооксида углерода в приземленном слое атмосферы в конкретных районах горлода и точках (станциях) натуральных исследований.

Таблица 4.3 – Содержание концентрации монооксида углерода в приземленном слое атмосферы вдоль улицы Каменоостровский проспект, Петроградский район, Санкт-Петербург

№ поста мониторинга														
Точка 1			Точка 2			Точка 3			Точка 4			Точка 5		
09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00
135	92	141	124	99	130	9	2	33	92	81	136	0	1	9
142	99	149	99	96	126	6	10	45	84	99	140	1	3	4
110	105	156	105	103	115	2	26	26	79	54	139	3	6	16
126	81	176	130	85	124	9	23	30	106	46	129	6	2	12
169	115	130	136	115	103	5	13	39	88	62	145	3	1	11
170	121	143	128	120	129	5	16	35	89	85	149	2	2	13
161	104	129	115	86	133	8	15	46	93	73	153	1	1	10
148	83	130	106	88	116	3	10	28	106	88	136	0	3	8
150	56		125	100		6	14				147			
	75		126			6	14							
Усредненное значение концентрации														
145,6	93,1	144,25	119,4	88	122	4,7	14,3	35,25	92,125	73,5	141,5	2	2,375	10,375
№ поста мониторинга														



107	69	115	112	49	112	9	10	9	59	52	67	59	46	67
Усредненное значение концентрации														
<b>113,8</b>	<b>96,25</b>	<b>120,6</b>	<b>91,6</b>	<b>80,4</b>	<b>118</b>	<b>6,9</b>	<b>5,8</b>	<b>14,1</b>	<b>67,9</b>	<b>47,1</b>	<b>80,5</b>	<b>65,5</b>	<b>47,1</b>	<b>80,1</b>

Таблица 6 – Содержание концентрации монооксида углерода в приземленном слое атмосферы вдоль улицы Средний проспект Васильевского острова, Василеостровский район, Санкт-Петербург

№ поста мониторинга														
Точка 1			Точка 2			Точка 3			Точка 4			Точка 5		
09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00
61	33	61	1	1	12	55	30	31	33	26	35	62	30	60
62	42	74	5	2	16	62	33	46	23	15	46	66	41	76
59	21	85	3	0	12	41	26	62	34	24	32	46	20	83
46	23	74	7	3	14	42	33	66	26	16	19	35	26	74
56	25	66	3	1	11	55	24	54	16	17	24	42	24	60
45	36	53	4	1	10	46	26	44	25	19	29	45	31	51
43	55	53	6	6	16	36	42	63	14	18	30	49	54	52
29	23	63	4	4	14	42	36	46	19	10	35	36	23	63
Усредненное значение концентрации														
<b>50,1</b>	<b>32,3</b>	<b>66,1</b>	<b>4,1</b>	<b>2,3</b>	<b>13,1</b>	<b>47,4</b>	<b>31,3</b>	<b>51,5</b>	<b>23,8</b>	<b>18,1</b>	<b>31,3</b>	<b>47,6</b>	<b>31,1</b>	<b>64,9</b>
№ поста мониторинга														
Точка 6			Точка 7			Точка 8			Точка 9			Точка 10		
09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00
56	46	74	50	42	71	2	2	11	41	31	35	55	40	71
61	49	76	63	43	79	6	2	10	32	20	40	60	33	72
57	52	82	65	50	86	1	1	10	31	26	33	51	43	73
53	46	63	48	46	75	3	2	12	30	24	26	51	23	59
69	49	60	59	56	71	2	1	10	23	19	34	52	36	55
52	38	62	46	46	70	4	1	11	34	20	30	52	56	60
74	52	71	49	55	70	6	3	12	36	21	36	65	44	64
46	50	63	56	51	69	3	2	13	46	25	35	60	40	60
Усредненное значение концентрации														
<b>58,5</b>	<b>47,8</b>	<b>68,9</b>	<b>54,5</b>	<b>48,6</b>	<b>73,9</b>	<b>3,4</b>	<b>1,8</b>	<b>11,1</b>	<b>34,1</b>	<b>23,3</b>	<b>33,6</b>	<b>55,8</b>	<b>39,4</b>	<b>64,3</b>

Таблица 7 – Содержание концентрации монооксида углерода в приземленном слое атмосферы вдоль улицы Наличная, Василеостровский район, Санкт-Петербург

№ поста мониторинга														
Точка 1			Точка 2			Точка 3			Точка 4			Точка 5		
09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00
2	1	10	30	21	30	20	15	31	22	16	35	40	30	43
2	0	10	26	20	35	23	19	29	25	18	39	33	33	41
1	1	10	32	21	36	25	24	27	25	21	31	33	30	38
2	6	13	25	23	20	31	18	30	30	20	36	35	31	34
3	5	11	23	28	25	30	19	26	29	20	30	36	25	36
5	3	9	35	20	29	26	23	22	25	21	29	34	29	38
4	4	8	25	25	28	29	29	20	28	20	24	35	21	37
2	1	13	29	25	31	31	24	19	30	23	28	40	29	36
Усредненное значение концентрации														
2,6	2,6	10,5	28,1	22,9	29,3	26,9	21,4	25,5	26,8	19,9	31,5	35,8	28,5	37,9
№ поста мониторинга														
Точка 6			Точка 7			Точка 8			Точка 9			Точка 10		
09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00	09:00-13:00	13:00-17:00	17:00-19:00
41	31	48	2	3	9	39	29	45	4	2	10	20	10	32
40	35	46	0	0	9	31	30	46	6	1	7	23	15	33
39	36	39	1	1	8	30	31	48	5	2	7	24	20	30
38	38	39	3	0	10	36	30	43	5	1	11	36	20	31
46	31	40	3	4	10	37	29	47	3	3	12	25	18	29
40	34	39	2	3	6	30	22	46	4	1	15	25	15	27
42	29	37	1	2	9	30	27	42	0	1	10	21	20	20
40	36	36	2	1	7	39	30	46	1	1	9	28	17	25
Усредненное значение концентрации														
40,8	33,8	40,5	1,8	1,8	8,5	34,0	28,5	45,4	3,5	1,5	10,1	25,3	16,9	28,4

По полученным данным, можно сделать вывод, что наибольшее значение концентрации угарного газа в выбранных районах города наблюдались в утренние и вечерние час пика. Днем количество концентрации вещества было наименьшим на всех постах наблюдения.

По маршруту № 1 (вдоль Каменоостровского проспекта) Петроградского района в утреннее время среднее содержание углекислого

газа в среднем составило 61,9 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 48,1 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 73,2 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 2 (вдоль улицы Большая Зеленина) Петроградского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 65,5 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 52,4 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 80,1 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 3 (вдоль Среднего проспекта Василеостровского острова) Василеостровского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 37,9 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 27,6 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 47,8 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 4 (вдоль улицы Наличная) Василеостровского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 22,5 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 17,8 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 26,8 мг/м<sup>3</sup>.

Проанализировав таблицы 4 – 7 видно, что в Петроградском районе содержание концентрации оксида углерода в целом выше, чем в Василеостровском районе. Это связано с тем, что Василеостровский район находится в непосредственной близости с Финским заливом и район более продуваемый, чем Петроградский. Вторым важным фактором меньшей концентрации монооксида углерода является более невысокие искусственные сооружения, вдоль которых ветер образует вихрь при его перпендикулярном направлении, который в свою очередь очищает воздух от загрязняющих веществ в приземленном слое атмосферы вдоль наветренной стороны улицы и переносит загрязняющие примеси к противоположной.

В целом, показатели загрязнения атмосферного воздуха монооксидом углеродом в Петроградском и Василеостровском районах в г. Санкт-Петербурге невысокие, и связаны они с территориальным расположением и микроклиматом районов. Постоянная продуваемость вдоль автомобильных дорог и искусственных сооружений обеспечивает рассеивание загрязняющей примеси, что позволяет считать уровень загрязнения атмосферного воздуха в выбранных районах низким.

Учитывая вышесказанное и проанализировав особенности территориальных расположений и микроклиматов выбранных районов механизмами для снижения концентрации угарного газа в атмосферном воздухе являются рассеивание загрязняющих веществ, а также в силу того, что на исследуемых территориях располагается большое количество парковых зон, скверов и садов – осаждение загрязняющих веществ на растениях, иными словами – фиторемедиация.



## **5 Мероприятия по снижению монооксида углерода в атмосферном воздухе на урбанизированной территории**

Самым главным источником загрязнения воздушной среды городов является автомобильный транспорт, рост численности которого намного опережает темп прироста городского населения.

Это резко ухудшает условия среды обитания в городах, особенно крупных, так как автомобили не только загрязняют воздушную среду и вносят вклад в шумовое загрязнение, но используют его недостаточно эффективно, перевозя относительно небольшое число пассажиров и работая на наиболее ценных видах топлива. В связи с этим на настоящий момент стоит острая необходимость разработки перечня мероприятий, позволяющих предотвратить загрязнение атмосферы, и биосферы в целом, автотранспортом.

К основным способам уменьшения степени вредного воздействия загрязняющей примеси в атмосферном воздухе, в том числе степени угарного газа на человека и окружающую среду относятся технологические, инженерно-технические и архитектурно-планировочные мероприятия.

К технологическим мероприятиям можно отнести переход на использование новых, в том числе, альтернативных видов топлив, масел, смазок, технических жидкостей, в разработке и применении различных присадок к топливу и маслу, а также непосредственно в усовершенствовании системы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта двигателей.

Методами контроля выбросов выхлопных газов являются модификации двигателя, предварительная обработка топлива, присадки к топливу, рециркуляция выхлопных газов, принудительная вентиляция картера и применение каталитических нейтрализаторов. Каталитический нейтрализатор — это устройство, которое преобразует более токсичные загрязнители выхлопных газов в менее токсичные загрязняющие вещества. Существуют различные типы катализаторов, используемых в очистке

выхлопных газов автомобилей, такие как катализаторы на основе благородных и неблагородных металлов и т. д. Каталитический нейтрализатор был эффективным и стабильным для снижения вредных выбросов выхлопных газов, поэтому он был разработан для использования в грузовиках, автобусах, легковых автомобилях, мотоциклы и другое строительное оборудование.

Катализаторы частичного окисления преобразуют углеводороды в СО и в условиях богатого выхлопа. Катализатор частичного окисления расположен между выпускным коллектором и каталитическим нейтрализатором в выхлопной системе двигателя. Произведенный водород используется для ускорения зажигания каталитического нейтрализатора в выхлопной системе. Эффективность катализаторов реакций со стабильными частицами СО также зависит от процессов хемосорбции. Хемосорбция реагирующих газов является важной стадией, которая увеличивает концентрацию реагента на поверхности катализатора, что вызывает переработку адсорбированных молекул с высокой энергией для облегчения химических реакций. Лучший инструмент для измерения производительности катализатора для окисления СО сообщает об энергии активации процесса. Количество израсходованного реагента и образовавшегося продукта можно контролировать в зависимости от состава поверхности катализатора. Стандарты выбросов устанавливают конкретные пределы выбросов СО, которые могут образовываться в воздухе, которым дышат люди. Многие стандарты выбросов сосредоточены на регулировании загрязняющих веществ, производимых автотранспортом и промышленностью, электростанциями, небольшим оборудованием, таким как вилочные погрузчики, газонокосилки, генераторы и т. д.

В большинстве случаев при проведении мероприятий по снижению токсичности ДВС названные мероприятия комбинируют, и на практике, как правило, находят применение не один, а два или более из названных способов. Способы улучшения экологических характеристик ДВС весьма

разнообразны. Однако, наибольший интерес с точки зрения уменьшения токсичности двигателей представляют методы совершенствования процессов рабочего цикла, а также разработка и использование приборов и устройств термической и каталитической нейтрализации в системах выпуска отработавших газов. [18]

Одной из перспективных тенденций в настоящее время в более развитых странах является переход с бензиновых двигателей на газовое топливо, так как на выходе загрязняющей примеси угарного газа в 3,5 раза меньше выделяется в атмосферный воздух. Преимуществами такого перехода является дешевизна газа, по сравнению с бензином, способность транспортного средства пройти на газе большее расстояние, чем на бензине, а следовательно меньше заправляться. В Москве также уже используют газовое топливо и существуют соответствующие автозаправочные станции.

В настоящее время в мире эксплуатируется сотни тысяч электромобилей различного назначения, и парк их непрерывно растет. Однако успехи в разработке электромобилей в основном будут зависеть от решения ряда технических проблем, таких, как создание компактных, недорогих и легких аккумуляторов, разработка быстродействующих зарядных устройств, резкое увеличение резервных мощностей электростанций, поскольку они недостаточны, если потребуются в перспективе ежедневная подзарядка многих миллионов электромобилей. [21]

Еще одним из перспективных и новотехнологичных решений является переход с обычного топлива на водородный. Преимуществами таких двигателей являются отсутствие выбрасываемых загрязняющих и токсических веществ, запахов, легкость и летучесть газа выше в 10 раз, чем у бензина.

Главными недостатками увеличения количества единиц эксплуатируемых двигателей на водороде являются тяжесть его получения в огромных количествах для пользования и обеспечение высшего уровня

экологической безопасности при горении водорода в технологическом цикле производства. [19]

В целом различают несколько видов альтернативного топлива, например такие как этиловые и метиловые спирты, а также их смеси и соединения. В Соединенных штатах можно найти такие случаи, когда вместо бензина пользуются жидким азотом.

Жидкий азот, попадая в испаритель, превращается вследствие быстрого повышения температуры в газ, который выходит под большим давлением из испарителя и приводит в действие электрогенератор. Вырабатываемый последним ток после выпрямления подается для питания электродвигателей, установленных на колесах. Выхлопные газы такого автомобиля состоят из чистого азота, который, естественно, не загрязняет атмосферу. Сообщается, что 4,5 л жидкого азота достаточно для пробега 80 км пути.

Фирма «Nissan» изобрели такой паровой двигатель, в котором в отличие от обычного используются фреоны, вместо воды. Преимуществами является снижение загрязняющей примеси в атмосферном воздухе, недостатком же является наличие самих фреонов, которые попадая в атмосферу на высоте 50 км защитного экрана (озонового слоя) выделяют бром и хром содержащие вещества, которые в свою очередь истощают озоновый слой.

Самым актуальным и перспективным моментом является переход на электромобили, которые вместо бензиновых и дизельных двигателей работают на аккумуляторах, имея возможность заряжать их на автозаправочных станциях.

Самое главное преимущество электромобиля для окружающей среды – это отсутствие выделения загрязняющих токсичных веществ и отсутствие звука.

Недостатками является дороговизна разработки автомобилей, дороговизна аккумуляторов по сравнению с обычными автомобилями, резкое увеличение резервных мощностей электростанций, поскольку они

недостаточны, если потребуется в перспективе ежедневная подзарядка многих миллионов электромобилей.

Решением данного вопроса может послужить возможность использования в электромобилях топливных систем с помощью окисления водорода кислородом, что послужит возможностью заменить аккумуляторы.

Также развивается вопрос внедрения гибридных двигателей с использованием электромотора. Преимущество заключается в том, что на урбанизированной территории используются небольшие аккумуляторы и батареи, по сравнению с электромобилями, а за чертой города включается обычный бензиновый или дизельный двигатель. Плюсом является то, что конструкция электромотора может заряжать аккумулятор или батарею в автомобиле. Данная технология позволит снизить показатель качества загрязнения атмосферного воздуха в городах.

Абсолютно безотходной технологией можно считать солнечный автомобиль, где вместо электрической энергии или топлива используется альтернативная, солнечная энергия, которая получается с помощью специальных солнечных батарей, установленных на автомобиле.

К сожалению, технические и инновационные совершенствования автомобилей делают их недешевыми и вследствие этого невозможно применять их повсеместно. Также это может сдерживать производство других различных перспективных проектов и разработок.

Также, в качестве улучшения степени атмосферного воздуха в сочетании со снижением шума способствует применение электрического транспорта (трамвая, троллейбуса).

2) К специальными инженерно-техническими мероприятиями, снижающими выбросы токсичных веществ от автотранспорта можно отнести применение нейтрализаторов и катализаторов.

В России во исполнение Указа Президента РФ № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» сформирован федеральный проект «Чистый воздух»

национального проекта «Экология», который направлен на улучшение экологической обстановки и снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в крупных промышленных центрах [21].

В 2018 году правительством был принят ряд нормативно-правовых документов, регламентирующих отношения в области воздействия на атмосферный воздух. Для различных городов, а также г. Санкт-Петербург, разработаны комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые содержат, в том числе снижение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта.

Мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ от транспорта включают мероприятия по переводу транспорта на экологические виды топлива и обновление транспортного подвижного состава, а также мероприятия по обновлению и развитию дорожной инфраструктуры.

В рамках решения задач разработана и утверждена концепция подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики», а также проект данной подпрограммы и План мероприятий («дорожная карта») развития рынка газомоторного топлива на 2019–2024 гг [22].

3) К архитектурно-планировочным мероприятиям можно отнести правильное планирование застройки и озеленение автомагистралей, размещение жилой застройки по принципу зонирования (в первом эшелоне застройки – от магистрали – размещаются здания пониженной этажности, затем – дома повышенной этажности и в глубине застройки – детские и лечебно-оздоровительные учреждения). Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками. Важное значение имеют сооружение транспортных развязок, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения гаражей и автостоянок.

В периоды стоянки автотранспорта на светофоре с не выключенным двигателем в ожидании зелёного сигнала светофора, разрешающего движение, старте с места и форсировании работы мотора, наблюдается наибольший выброс выхлопных газов, который включает в себя в том числе и монооксид углерода. Поэтому для снижения этих выбросов необходимо правильно отрегулировать процесс работы светофора таким образом, чтобы при движении автомобильного потока в большей мере наблюдалась «зелёная волна», или требуется устранить препятствия, которые возникают на пути свободного движения потока автотранспорта. В частности, построить специальные автомагистрали, которые не будут пересекаться на одном уровне с движением пешеходов и машин, специальные переходы для людей на всех точках скопления машин, а также тоннели или эстакады для разгрузки перекрывающихся потоков автотранспорта. [21]

Кроме того, для снижения загазованности атмосферы устанавливаются нормы выбросов токсичными веществами с выхлопными газами. При выпуске автомобилей, а также при ежегодном прохождении технического обслуживания, проверяется его соответствие действующим стандартам (в том числе и по содержанию углеводородов и оксида углерода в выхлопных газах).

В 2020 году на рабочем совещании с членами городского правительства обсуждался вопрос утверждения нового адресного перечня перехватывающих автостоянок в Санкт-Петербурге.

С 2008 по 2019 год выросло общее количество автотранспортных средств в городе, в том числе легковых автомобилей. Вклад выбросов от автомобильного транспорта в суммарные выбросы загрязняющих веществ по Санкт-Петербургу непосредственно связан с увеличением количества автотранспортных средств. В 2019 году выбросы загрязняющих веществ от автомобильного транспорта по сравнению с 2018 годом увеличились незначительно.

Рост количества перехватывающих автостоянок в Петербурге позволит снизить количество выбросов от автомобильного транспорта, что положительно повлияет на состояние атмосферного воздуха в нашем городе.

Губернатор г. Санкт-Петербург поручил подготовить предложения о дальнейшем переводе городского транспорта на газомоторное топливо, строительстве газовых заправок в Петербурге, стимулировании предприятий и частных лиц по переводу транспорта на природный газ.

По мнению исследователей, в число наиболее эффективных мероприятий по снижению выбросов вредных веществ входит использование альтернативных видов топлива. Перспективы развития рынка газомоторного топлива будут способствовать снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, ведь развитие рынка газомоторного топлива, расширение перечня перехватывающих автостоянок станет не просто вкладом в создание прогрессивной городской инфраструктуры, но и позволит существенно снизить нагрузку на окружающую среду в Петербурге. [23]



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных и главных экологических угроз для здоровья человека. Самым распространенным источником загрязнения воздуха в городах является автомобильный транспорт и вследствие этого образуется зона повышенной концентрации вредных веществ.

Состояние загрязнения воздушного бассейна города зависит не только от количества выбросов загрязняющих веществ и их химического состава, но и от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ.

В данной выпускной квалифицированной работе проводилось исследование по определению содержания угарного газа вдоль автомобильных дорог в отдельных районах в городе Санкт-Петербурге. Мониторинговые исследования проводились в Петроградском и Василеостровском районах. Ниже представлены результаты натурных измерений содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе.

По маршруту № 1 (вдоль Каменоостровского проспекта) Петроградского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 61,9 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 48,1 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 73,2 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 2 (вдоль улицы Большая Зеленина) Петроградского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 65,5 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 52,4 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 80,1 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 3 (вдоль Среднего проспекта Василеостровского острова) Василеостровского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 37,9 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 27,6 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 47,8 мг/м<sup>3</sup>.

По маршруту № 4 (вдоль улицы Наличная) Василеостровского района в утреннее время среднее содержание углекислого газа в среднем составило 22,5 мг/м<sup>3</sup>, в дневное – 17,8 мг/м<sup>3</sup>, в вечернее – 26,8 мг/м<sup>3</sup>.

Наибольшее значение концентрации угарного газа в выбранных районах города наблюдались в утренние и вечерние час пики. Днем количество концентрации вещества было наименьшим на всех постах наблюдения.

В Петроградском районе содержание концентрации оксида углерода в целом выше, чем в Василеостровском районе. Это связано с тем, что Василеостровский район находится в непосредственной близости с Финским заливом и район более продуваемый, чем Петроградский. Вторым важным фактором меньшей концентрации монооксида углерода является более невысокие искусственные сооружения, вдоль которых ветер образует вихрь при его перпендикулярном направлении, который в свою очередь очищает воздух от загрязняющих веществ в приземленном слое атмосферы вдоль наветренной стороны улицы и переносит загрязняющие примеси к противоположной.

К основным способам уменьшения степени вредного воздействия загрязняющей примеси в атмосферном воздухе, в том числе степени угарного газа на человека и окружающую среду относятся технологические, инженерно-технические и архитектурно-планировочные мероприятия.

К технологическим мероприятиям можно отнести переход на использование новых, в том числе, альтернативных видов топлив, масел, смазок, технических жидкостей, в разработке и применении различных присадок к топливу и маслу, а также непосредственно в усовершенствовании системы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта двигателей.

К специальным инженерно-техническим мероприятиям, снижающими выбросы токсичных веществ от автотранспорта можно отнести применение нейтрализаторов и катализаторов.

К архитектурно-планировочным мероприятиям можно отнести правильное планирование застройки и озеленение автомагистралей, размещение жилой застройки по принципу зонирования.

В целом, показатели загрязнения атмосферного воздуха монооксидом углеродом в Петроградском и Василеостровском районах в г. Санкт-Петербурге невысокие, и связаны они с территориальным расположением и микроклиматом районов. Постоянная продуваемость вдоль автомобильных дорог и искусственных сооружений обеспечивает рассеивание загрязняющей примеси, что позволяет считать уровень загрязнения атмосферного воздуха в выбранных районах низким.

Учитывая вышесказанное и проанализировав особенности территориальных расположений и микроклиматов выбранных районов механизмами для снижения концентрации угарного газа в атмосферном воздухе являются рассеивание загрязняющих веществ, а также, учитывая наличие территорий парковых зон, осаждение загрязняющих веществ на растениях, иными словами – фиторемедиация.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коннов П.А; Леванова Е.Ю., Ледянкина М.А. ГАЛАКТИКА ЗНАНИЙ V Всероссийская научно-практическая конференция студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования: Сборник тезисов докладов / Отв. ред. П.А. Коннов; Ассоциации «Образование для всех». – Сочи: 2014. – 284 с.
2. Алешина, Т.А. Эколого-экономические ущербы при обращении с ТБО / Т. А. Алешина // Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечение граждан : сб. докл. тематической науч.-практ. конф., Москва, 2005 г. / МГСУ. – М., 2005.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» [Электронный ресурс]. – URL: <https://bit.ly/3No4rRG> (Дата обращения: 29.05.2021).
4. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.
5. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г.
6. Обзор фоновое состояние окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2019 год [Электронный ресурс]. – URL:

[http://downloads.igce.ru/publications/obz\\_fon\\_2/of\\_2020.pdf](http://downloads.igce.ru/publications/obz_fon_2/of_2020.pdf) (Дата обращения: 02.06.2021).

7. Этиология, физико-химическая, токсикологическая характеристика токсиканта [Электронный ресурс]. – URL: <https://infopedia.su/20x646b.html> (Дата обращения: 23.07.2021).

8. Гиперкапния [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija\\_pulmonology/hypercapnia](https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/hypercapnia) (Дата обращения: 30.07.2021).

9. Федеральные клинические рекомендации (протокол) по диагностике и лечению отравления в результате токсического действия окиси углерода (Т58) [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.ismu.baikal.ru/src/downloads/0535f68d\\_fr\\_t58\\_kniga\\_2015.pdf](https://www.ismu.baikal.ru/src/downloads/0535f68d_fr_t58_kniga_2015.pdf) (Дата обращения: 08.09.2021).

10. Carbon monoxide (CO) is one the most important ultra-trace gases in the atmosphere [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-monoxide> (Дата обращения: 06.05.2022).

11. Киселев В. Б., Горелова В. В. Исследование уравнения атмосферной диффузии методами теории возмущений для функционалов. Труды ГГО. - 1979. - Вып. 436. - С. 37-42.

12. Буренин Н. С. К изучению роли отработанных автотранспорта в загрязнении воздушного бассейна городов // Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха: сб. статей. - Москва, 1973. - С. 231-239.

13. Бояршинов М. Г. Распределение концентрации выхлопных газов вблизи автотрассы со случайным потоком транспорта// Инженерно-физический журнал. - 2006. - Т. 79, № 6. - С. 128-140.

14. Диагностирование бензиновых двигателей при работе на сжиженном газе по составу отработанных газов [Электронный ресурс]. – URL: <https://bit.ly/3zmsNXU> (Дата обращения: 13.09.2021).

15. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 05.11.2020 № 900 «О внесении изменений в постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 № 552».
16. Закон Санкт-Петербурга от 14.02.2014 № 23-9 «О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга»
17. Измеритель угарного газа AS8700A [Электронный ресурс]. – <https://www.smartsensor.ru/as8700a.html> (Дата обращения: 06.04.2022).
18. Шароглазов Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов. /М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев// Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
19. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта [Электронный ресурс]. – <https://bit.ly/3Q0ptYt> (Дата обращения: 09.05.2022).
20. Водород в качестве топлива [Электронный ресурс]. – <https://ru-ecology.info/term/77030/> (Дата обращения: 19.05.2022).
21. Государственной программа Российской Федерации «Развитие энергетики» [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/323>. (Дата обращения: 25.05.2022).
22. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги». [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/projects/selection/733/35558/>. (Дата обращения: 10.04.2021).
23. Шапошников Ю.А. Методология повышения экологической безопасности двигателей автотранспортных средств в условиях эксплуатации: Диссертация д-ра техн. наук: Барнаул, 2006 г.
24. Снижение транспортной нагрузки в целях улучшения экологической обстановки [Электронный ресурс]. – <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/news/194218/> (Дата обращения: 02.06.2022).

